ELZEAR S. GIUFFRA
Director del Observatorio Astronómico y Catedrático de Geografía en la Universidad
Director interino del Observatorio Nacional

LA FISONOMÍA DE LA TIERRA
Y SU INFLUENCIA EN EL HOMBRE

SEGUNDA EDICIÓN

MONTEVIDEO
Libreros - Editores: A. Monteverde y Cía. — 25 de Mayo 499
1931

ELZEAR S. GIUFFRA
Director del Observatorio Astronómico
y Catedrático de Geografía en la Universidad
Director interino del Observatorio Nacional

LA FISONOMÍA DE LA TIERRA
Y SU INFLUENCIA EN EL HOMBRE

Ensayo de un curso de geografía física y humana
con especial referencia al territorio uruguayo

Obra escrita para los alumnos de la Universidad
y de los Institutos Normales

2.ª Edición

MONTEVIDEO
Libreros Editores: A. MONTEVERDE & Cía.
Calle 25 de Mayo, 499
1 9 3 1

OBRAS DEL MISMO AUTOR

APUNTES DE GEOGRAFÍA AMERICANA. — *El Telégrafo*, ed. — Montevideo. — 1907. — (Agotada).

GEOGRAFÍA DE AMÉRICA DEL NORTE. — Imp. *El Siglo* y *La Razón*, ed. — Montevideo. 1915. — (Agotada).

LA EVOLUCIÓN DE LA CIENCIA GEOGRÁFICA. — Conferencia mandada publicar por el Instituto Histórico y Geográfico. — 1916. — Montevideo.

LA CUESTIÓN JURISDICCIONAL DEL PLATA ANTE EL CONCEPTO GEOGRÁFICO. — Conferencia. 1916. — Montevideo.

GEOGRAFÍA DEL URUGUAY. — Maximino García, ed. — Montevideo. — 1923.

ATLAS ESQUEMÁTICO DE GEOGRAFÍA UNIVERSAL. — (Obra de texto en la Universidad de Montevideo (3 ediciones). — A. Monteverde y Cía., ed. 1928.

METEOROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA. — Maximino García, ed. — Montevideo. — 1920.

EL MUNDO TAL CUAL ES (texto para el ingreso a la Universidad). — 5 ediciones. — A. Monteverde y Cía., ed. — 1927.

EL MUNDO TAL CUAL ES (texto para cursos elementales). — A. Monteverde y Cía., ed.

LA FISONOMÍA DE LA TIERRA Y SU INFLUENCIA EN EL HOMBRE (curso de Geografía física y humana). — A. Monteverde y Cía., ed. — Montevideo. — 1927.

DISEÑOS GEOGRÁFICOS (ejercicios de cartografía sobre las distintas partes del mundo). A. Monteverde y Cía. ed.

PRIMER AÑO DE FÍSICA. — A. Monteverde y Cía., ed. — 2 ediciones.

SEGUNDO AÑO DE FÍSICA. — A. Monteverde y Cía., ed. (2 ediciones).

AMÉRICA (texto en la Universidad). — 4 ediciones. — A. Monteverde y Cía., ed. — 1927.

CÓMO DEBE ENSEÑARSE LA GEOGRAFÍA NACIONAL (conferencia pronunciada en la Universidad).

¿CUÁL DEBE SER LA FUNCIÓN DE LOS TEXTOS DE CLASE? — Informe Oficial presentado al Primer Congreso de Enseñanza Secundaria y Preparatoria. — (Versión taquigráfica de los debates). — 1925.

ASIA, AFRICA Y OCEANÍA, en colaboración con el Catedrático Arturo Carbonell y Migal (3 ediciones). — A. Monteverde y Cía., ed. — 1928.

LA ENSEÑANZA DE LA GEOGRAFÍA - CIENCIA. — 1928.

INSTRUCCIONES DE METEOROLOGÍA PRÁCTICA. — 1930.

LA CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA EN EL HEMISFERIO SUR. — (En prensa).

Talleres Gráficos de A. Monteverde & Cía. — 25 de Mayo, 499. — Montevideo

EXPLICACIÓN

El presente libro ha sido escrito para los alumnos de la Universidad y de los Institutos Normales. No pretende suplantar al actual texto de la materia de que es autor el señor Carbonell y Migal, porque siendo éste un buen libro [1], *puede muy bien servir para el objeto a que se le destina; pero caracterizándose la geografía física y la humana por ser asignaturas que requieren amplia explicación, el texto del señor Carbonell, por su propia índole, ha debido ceñirse estrictamente a una extensión compatible con el plan de enseñanza secundaria, para cuyo completo desarrollo el alumno dispone de un tiempo harto precario, cuando no por entero insuficiente. Pero en el transcurso del año, el profesor ve llegar hasta su cátedra a muchos alumnos que se interesan por conocer mejor tal o cual punto y que solicitan la indicación de obras de consulta para ampliar distintos conocimientos. Muchas de estas obras están redactadas en idiomas extranjeros y tratan, a veces, los asuntos con un tecnicismo que no está al alcance de los estudiantes y, de ahí, la dificultad, presentada con frecuencia, de no poderse acceder a lo que ellos solicitan. Esta razón me decidió, hace ya algunos años, a escribir ciertos apuntes de temas diversos comprendidos en el programa, apuntes que más tarde adquirieron, a instancia de los alumnos, una forma más ordenada y se publicaron como libro.*

Tal es el origen de la «Meteorología y Climatología», compuesta en gran parte por esos apuntes y en no poca extensión por versiones de mis lecciones orales recogidas por los propios alumnos. Luego pude advertir que esos esfuerzos, si bien subsanaban en parte las deficiencias informativas de las obras al alcance de los estudiantes, tenían el inconveniente de no proporcionar a éstos la noción de conjunto de la materia, pues había en aquéllos la tendencia a desarticular las partes, considerándolas aisladas y sin vínculo alguno entre ellas.

Así, por ejemplo, la parte de meteorología era una materia; la de geología otra y la geografía humana nada tenía que ver ni con dichas par-

---

1. Es un acto de justicia reconocer que el señor Carbonell y Migal ha sido el primer profesor de la materia que logró en el país encauzar la enseñanza de la geografía física por vías modernas y científicas.

tes ni con ninguna otra de la geografía física. Faltaba, aún entre los más capaces, la noción de relación, la mutua dependencia y armonía que caracterizan la geografía física, quitándosele a ésta, por consecuencia aquel alto valor especulativo que para las inteligencias en desarrollo, traduce el espectáculo inmenso de la Naturaleza en su constante obra de transformación.

No quise, pues, por mi parte, desarticular el conjunto. Esta es la razón en virtud de la cual, en el presente libro figuran muchos puntos que trata muy bien el señor Carbonell, se sigue el plan que establece el programa de geografía física y humana vigente en nuestra Universidad y no falta en él nada de lo que el programa exige. Sobran, en cambio, muchos tópicos que he considerado simplemente interesantes o indispensables para una buena comprensión del asunto tratado; pero para diferenciar ésto de aquéllo, he establecido tres caracteres de tipos: la letra grande, contiene lo indispensable para el examen; la mediana corresponde a una ampliación o complemento y la pequeña a una cita o lectura que contribuye a robustecer más las ideas emitidas.

«LA FISONOMÍA DE LA TIERRA Y SU INFLUENCIA EN EL HOMBRE», *no es, pues, en el rigor del término, un texto. Es un conjunto de explicaciones, ampliaciones y notas que me han sugerido las tareas docentes y para cuyo éxito sólo anhelo la acogida benévola que profesores y alumnos han dado a otras obras de que soy autor.*

E. S. G.

BIBLIOGRAFÍA

Los números en bastardilla encerrados entre los signos [ ] que aparecen en el texto, hacen referencia a las obras citadas aquí. Los números en tipo común indican las páginas de la obra citada.

A

1. ACEVEDO DÍAZ, E. — *América.* — Geografía física y humana. — Pedro García, ed. — Buenos Aires, 1915.
2. AGOCINO, E. y R. — *Geografía Marítima.* — Barcelona, 1913.
3. AGOSTINI. — *Grande Atlante Geográfico.* — Novara, 1922.
4. ALFANO, G. B. — *Sismologia Moderna.* — Hoelpi, ed. — Milán, 1910.
5. ALMAGIA, R. — *Corso di Geografia.* — Franc. Perella, ed. — Florencia, 1922.
Aires, 1918.
6. AMEGHINO FLORENTINO. — *La antigüedad del hombre en el Plata.* — Buenos Aires.
7. » » *Filogenia.* — Lajouane, ed. — Buenos Aires, 1884.
8. ANDOYER, H. — *L'œuvre scientifique de Laplace.* — Payot et Cie. — París, 1922.
9. ANGOT, A. — *Traité Elémentaire de Meteorològie.* — Villars, ed. — París, 1916.
10. ARCIMIS, A. — *Meteorologia.* — Manuales Soler, ed. — Barcelona.
11. ARGÜELLO. — *El Mar.* — Barcelona, 1923.
12. ARRHENIUS, SVANTES. — *L'Evolution des Mondes.* — Ch. Beranger, ed. — París, 1910.

B

13 BALDIT, ALBERT. — *Etudes Elémentaires de Météorologie pratique.* — Villars,
14. » » *Météorologie du relief terrestre.* — Gauthier Villars, ed. — París, 1929.
15. BARROS ARANA, DIEGO. — *Elementos de Geografía física.* — F. Ibarra, ed. — 7ª ed. — Montevideo, 1900.
16. BELTRÁN, JUAN Y BELTRÁ, OSCAR. — *Lo inerte y lo vital.* — Cabaut y García Santos, ed. — Buenos Aires, 1922.
17. BELTRÁN, J. — *Geografía General de América.* — Buenos Aires, 1925.
18. BERGET, A. — *La vie et la mort du Globe.* — Flammarión, ed. — París, 1917.
19. » » — *Où en est la Météorologie?* — Gauthier Villars, ed. — París, 1917.
20. » » — *Les problèmes de l'Atmosphère.* — Flammarión, ed. — París, 1914.
21. » » — *Les problèmes de l'Océan.* — E. Flammarión, ed. — París, 1920.
22. » » — *Le Ciel.* — Larousse, ed. — París, 1923.
23. » » — *Vagues et Marees.* — Hachette, ed. — París, 1923.

24. BESANT, ANNIE. — *Las siete grandes religiones.* — Barcelona, 1910.
25. BIGOURDAN, G. — *La Astronomia.* — F. Ruíz, ed. — Madrid, 1913.
26. BORN, MAX. — *La teoría de la relatividad y sus fundamentos físicos.* — Calpe, ed. — Madrid. — 1922.
27. BRUNHES, J. — *La Géographie humaine.* — Alcan, ed. — París, 1910.
28. BRUYSSEL, E. VAN. — *La vida social.* — José Ruíz, ed. — Madrid, 1912.
29. BUEN, ODON DEL. — *Nociones de Geografía física.* — 2ª ed. — Barcelona.

C

30. CALDERÓN, S. — *Mineralogía.* — M. Soler, ed. Barcelona.
31. CALMENA D'ALMEIDA. — *La Tierra.* — Gili, ed. Barcelona, 1913.
32. CAPURRO, F. E. — *Observaciones generales sobre el régimen de los cursos de agua en la República Oriental del Uruguay.* — Proceding of the second Pan American Scientific Congress. — T. VI. — Washington, 1917.
33. CAPITAN. — *La préhistoire.* — Payot et Cie., ed. — París, 1922.
34. CAVAILLÉS, J. — *La houille blanche.* — Armand Colin, ed. — París, 1922.
35. CARBONELL Y MIGAL, ARTURO. — *Geografía física.* — A. Monteverde y Cía. 4ª edición. — Montevideo, 1922.
36. CLERC, RAMPAL G. — *La Mer.* — Larousse, ed. — París.
37. CORD, E. — *Géologie agricole.* — Baillere et Fils. — París, 1922.
38. COLLET, L. W. — *Les Lacs.* — Gastón Doin, ed. — París, 1925.
39. CONDAMINE, C. DE LA. — *Viaje a la América Meridional.* — Calpe, ed. — Madrid, 1921.
40. CHAUVAU, B. — *Electricité atmospherique.* — Doin, ed. — París, 1924.

D

41. DE LAUNAY, L. — *Historia de la Tierra.* — Ruíz, ed. — Madrid, 1907.
42. » » — *Où en est la Géologie?* — Gauthier Villars, ed. — París, 1912.
43. » » — *La Sciencie geologique.* — Armand Colin, ed. — París, 1905.
44. » » — *La Terre.* — Payot, ed. — París, 1925.
45. » » — *Géologie pratique.* — Armand Colin, ed. — París, 1916.
46. DEMANGEON A. Y MATRUCHOL. — *Les variations de la population de la France.* — Ann. de Geogr. Nº 198 XXXV pág. 499.
47. DE MARTONNE E. — *Géographie Physique.* — 4ª ed. Masson et Cie. — Armand Colin, ed.

E

48. ELLEN ROGERS, F. C. — *Tierra y Cielo.* — Araluce, ed. — Barcelona.

F

49. FALLEX Y GIBERT. — *Géographie Générale.* — Delagrave. — París, 1930.
50. FAYE, HERVÉ. — *Sur le origine du monde.* — 4ª ed. — Gauthier Villars, ed. — París, 1907.
51. FERNÁNDEZ NAVARRO. — *Investigación y alumbramiento de aguas subterráneas.* Manuales Soler, ed. — Barcelona.
52. FEBVRE, LUCIEN. — *La terre et l'évolution humaine.* — París, 1922.
53. FLAMARIÓN, CAMILO. — *Astronomía Popular.* — Montaner y Simón, ed. — Barcelona, 1901.
54. » » — *Los Terremotos.*
55. FRECH FRITZ. — *Geología.* — Ed. Labor. — Barcelona, 1926.
56. FOUCHE, M. — *Le Ciel.* — Hachette, ed. — París, 1921.
57. FRIDEL, J. — *Personalité Biologique de l'homme.* — Flammarion, ed. — 1921.
58. F. J. M. — *Cours de Cosmographie.* — Mame et Fils, ed. — Tours. París, 1914.

G

59. GALLOUÉDEC ET MAURETTE. — *Géographie générale.* — Hachette, ed. — París, 1917.
60. GAUTIER, F. E. — *Le Sahara.* — Payot, ed. — París, 1923.
61. GEIKIE, J. — *Traité pratique de géologie.* — A. Herman et fils, ed. — París, 1910.
62. GEIKIE, ARCHIBALDO. — *Nociones de Geología.* — Appleton, ed. — Nueva York.
63. GERMAIN L. — *La vie des animaux a la surface des continents.* — Alcan ed. — París, 1924.
64. GIBBSON, CH. R. — *La electricidad al día.* — Soc. General de Publicaciones, ed. Barcelona.
65. GIUFFRA, E. S. — *Geografía del Uruguay.* — Maximino García, ed. — Montevideo, 1923.
66. » » » — *Meteorología y Climatología.* — Maximino García, ed. — Montevideo, 1921.
67. » » » — *Lecciones de Geografía física.* — Revista de la Sección de Enseñanza Secundaria y Preparatoria. — Montevideo.
» » » — *Atlas Esquemático de Geografía Universal.* — A. Monteverde y Cía. — 2ª ed. — Montevideo, 1924.
68. » » » — *La Jurisdicción del Plata ante el concepto geográfico.* — Montevideo, 1916.
69. GUILBERT, G. — *La prévision scientifique du temps.* — A. Chalbamel, ed. — París, 1922.
70. GRANT MADISON. — *Le declin de la grande race.* — Payot, ed. — París, 1926.

H

71. HABERLANDT M. — *Etnografía.* — Ed. Labor. — Barcelona, 1926.
72. HAUG, E. — *Traité de géologie.* — Colin, ed. — París, 1908 - 1911.

J

73. JOLEAUD, L. — *Eléments de Paléontologie.* — Armand Colin, ed. — París, 1923.
74. JOUBIN, L. — *Le fond de la Mer.* — Hachette, ed. — París.
75. JIGENA, D. — *Geografía física general.* — 3ª ed. — J. Lajouane y Cie., ed. — Buenos Aires, 1918.

K

76. KLEIN. — *Météorologie Agricole.* — Bailliere et fils, ed. — París, 1911.
77. KRETSCHMER, K. — *Historia de la Geografía.* — Ed. Labor. — Barcelona, 1926.

L

78. LAPPARENT, A. DE. — *Leçons de Géographie Physique.* — Masson et Cie, ed. — París, 1907. — 3ª ed.
79. LE BON, G. — *La evolución de las fuerzas.* — J. Ruiz, ed. — Madrid, 1914.
80. » » » — *L'evolution de la matière.* — Flammarión, ed. — París, 1920.
81. L'ESPAGNOL, G. — *Géographie générale.* — Delagrave, ed. — París, 1917.
82. LEFEVRE, G. — *Géographie générale.* — Delagrave, ed. — París, 1917.
83. LUBBOCK, J. — *Los orígenes de la civilización.* — D. Jorro, ed. — Madrid, 1912.

M

84. MACPHERSON, J. — *Geologia* .— Manuales Soler, ed. — Barcelona.
85. MARIÉ, DAVY H. — *Météorologie.* — M. Masson, ed. — París, 1866.
86. MARTONNE. E. — *Géographie physique.* — Armand Colin, ed. — París, 1913.
87. MALISSE, G. — *Les sciences naturelles.* — Payot et Cie., ed. — París, 1921.
88. MARTEL. — *L'evolution souterraine.* — Flammarión, ed. — París, 1911.
89. MAURAÍN, E. — *Physique du Globe.* — Armand Colin, ed. — París, 1926.
90. MAURETTE. F. — *Pour comprendre les paysages de la France.* — Hachette, ed. — París, 1923.
91. MERCALLI, G. — *I vulcani attivi della Terra.* — Hoepli, ed. — Milán, 1907.
92. MEUNIER, S. — *Evolutión de las teorias geológicas.* — J. Ruíz, ed. Madrid.
93. » » — *Les convulsions de l'ecorse terrestre.* — Flammarión, ed. — París, 1910.
94. » » — *Histoire geologique de la mer.* — Flammarión, ed. — París, 1917.
95. » » — *Les glaciers et les montagnes.* — Flammarión, ed. — París, 1920.
96. » » — *Geologia.* — Trad. A. Musso. — Montevideo, 1902.
97. MEYNIER, O. — *L'Afrique Noire.* — Flammarión, ed. — París, 1911.
98. MOREUX, TH. — *Origine et formation des Mondes.* — G. Dion, ed. — París, 1922.
99. » » — *Où en est l'astronomie?* — Gauthiers Villars, ed. — París.
100. » » — *Cosmographie.* — J. D. Gigords, ed. — París, 1915.
101. » » — *Eléments de Cosmographie.* — Clase D. — Philosophie. — J. D. Gigords, ed. — París, 1920.
102. MONTANER Y SIMÓN. — *Los paises y las razas.* — Barcelona, 1917.
103. MONTESSUS DE BALLORE. — *Les tremblements de terre.* — Armand Colin, ed, — París, 1916.
104. » » » — *Le sciencie sismologique.* — Armand Colin, ed. — París, 1909.
105. » » » — *La Sismologie moderne.* — Armand Colin, ed. — París, 1911.
106. MORI, A. — *Elementi de Geografia.* — G. B. Paravia y Cia., ed. — Turín, 1922.
107. MURET, CH. — *Topographie.* — Bailliere et fils, ed. — París, 1904.

N

108. NORDMANN, CH. — *Einstein y el Universo.* — Hachette, ed. — París, 1922.
109. » » — *Le Royaume des cieux.* — Hachette, ed. — París, 1923.
110. NOLKE, F. R. — *La evolución del Universo.* — Rev. de Occidente. — 1927.

O

111. OEUVRES *Completes de Laplace.* — Gauthier Villars, ed. — París, 1884.

P

112. PARKER, F. N. — *Cómo se debe estudiar la geografia.* — D. Jorro, ed. — Madrid, 1915.
113. PERRIER, E. — *La Terre avant l'histoire.* — Biblioteque de synthèse historique. París, 1920.
114. PITTAMIGLIO, J. — *Nociones de Geologia.* — 2ª ed. — A. Monteverde y Cía.
115. PITTARD, E. — *Les races et l'histoire.* — París, 1924.
116. POINCARÉ. H. — *Leçons sur les hypothèses cosmogoniques.* — Hermann et fils, ed. — París, 1913.
117. » » — *La ciencia y el método.* — J. Ruíz, ed. — Madrid, 1910.

R

118. Reclus, E. — *Nieves, rios y lagos.* — Sempere y Cia., ed. — Valencia.
119. » » — *La atmósfera.* — Sempere y Cía., ed. — Valencia.
120. » » — *Las fuerzas subterráneas.* — Sempere y Cía., ed. — Valencia.
121. » » — *Nuestro planeta.* — Sempere y Cía., — Valencia.
122. » » — *El arroyo.* — Sempere y Cía., ed. — Valencia.
123. » » — *El océano.* — Sempere y Cía., ed. — Valencia.
124. Reinach, Salomón. — Orfeo. D. Jorro, ed. — Madrid, 1910.
125. Reyes Thevenet, Alberto. — *Exposición del Sistema del Mundo.* — Revista de la Sección de E. S. y Preparatoria. — Año II, Nº 1 y 2. — 1918.
126. » » » — *La cosmografia y su enseñanza.* — Montevideo, 1920.
127. Rodríguez, A. F. — *El futuro del Río Negro.* — La Mañana, 1º de Enero 1925.
128. Robin, Aug. — *La Terre.* — Larousse, ed. — París.
129. Rothé E. — *Tremblement de terre.* — París, 1925.
130. » » — *Cours de Physique.* — Gauthier Villars, ed. — París, 1928.
131. Romero Brest, E. — *Geografía general.* — Cabaut y Cía., ed. — Buenos Aires, 1924.
132. Rouquette, Aug. — *Mineralogia y Geologia.* — Cabaut y Cía., ed. — Buenos Aires, 1926.
133. Roush, J. — *L'atmosphère et la prévisión du temps.* — Armand Colin. — París, 1933.
134. Russell, Smith. — *Geografia Industrial.* — L. G. de Publicaciones. — Barcelona.

S

135. Salvá Navarro. — *Tratado de Higiene.* — Barcelona, 1925.
136. Sauerwein, C. — *Historia de la Tierra.* — Trad. Litrán. — Barcelona.
137. Schlich, M. — *Espacio y tiempo en la física actual.* — Calpe, ed. — Madrid, 1922.
138. Schrader y Gallouédec. — *Géographie générale.* — Hachette, ed. — París, 1914.
139. Schoeder J. — *Contribuciones experimentales al fomento agrícola-ganadero de las Repúblicas Platenses.* — "Agros", Nos. 46 y 49. — Montevideo.
140. Sorre, M. — *Les Pyrénées.* — Armand Colin, ed. — París, 1922.
141. Suess, Ed. — *La face de la Terre.* — Armand Colin, ed. — 5ª ed. — París, 1921.
142. Stieller. — *Grand Atlas de Géographie Moderne.* — Ghota: Justus Perthes. — 1911.

T

143. Taylor, E. B. — *Antropología.* — D. Jorro, ed. — Madrid.
144. Terra Arocena E. — *Nota sobre el piso de Itararé y los sedimentos marinos del Rincón de Alonso.* — Montevideo.
145. Toulet. — *L'Océan.* — Hachette, ed. — París, 1904.
146. » — *L'Océanographie.* — Gauthier Villars, ed. — París, 1922.

V

147. Vallaux, Camilo. — *Les sciences géographiques.* — Félix Alcan, ed. — París, 1925.
148. » » — *El suelo y el Estado.* — D. Jorro, ed. — Madrid, 1914.
149. » » — *La Mer.* — O. Doin, ed. — París, 1908.
150. » » — *Les sondages par l'écho et leurs applications a la géographie des mers.* — Rev. Sc. 1927. Nº 20.
151. Veudryes, J. — *Le langage.* — París, 1921.

152. VERNEAU, R. — *Les origines de l'humanité.* — F. Rieder, ed. — París, 1925.
153. VIDAL DE LA BLACHE. — *Principes de Géographie humaine.* — Armand Colin, ed. — París, 1922.
154. VIGER. — *L'Atmosphère.*
155. VILLAR, EMILIO H. DEL. — *Geografía general.* — Manuales Soler, ed. — Barcelona.

W

156. WEGENER A. — *La génesis de los continentes.* — Rev. de Occidente.
157. WAGNER, H. — *Trattato de Geografia.* — Fratelli Bocca, ed. — Turin, 1911.
158. WALTER, KARL. — *Estudios geomorfológicos y geológicos.* — Publicación del Instituto Histórico y Geográfico del Uruguay. — 1924.
159. » » — *Líneas fundamentales de la estructura geológica del Uruguay.* — Montevideo, 1919.
160. WOLF, C. — *Les hypothèses cosmogoniques.* — Gauthier Villars, ed. — París, 1885.

Z

161. ZOLESI, J. — *Meteorología y sismología.* — Montevideo, 1923.

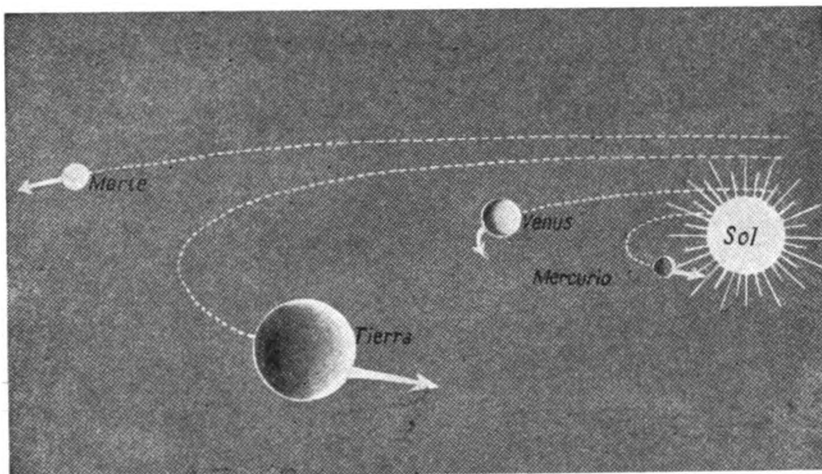


FIG. 1. — *Mientras la Tierra con los otros planetas, gira en torno del Sol, éste en un vuelo inconmensurable por los espacios, arrastra a su corte de mundos hacia la constelación de La Lira, donde brilla otro sol llamado Vega.*

EL UNIVERSO

Estrellas y planetas. — Levantemos la vista al cielo en una noche sin nubes: incalculables puntos brillantes se presentan de inmediato a nuestra vista. Están, al parecer, sin orden, agrupados en unas partes, distantes en otras. Su intensidad luminosa es diversa: los hay, en efecto, muy resplandecientes y también sumamente tenues, casi imperceptibles a simple vista; diríase que no es posible una clasificación. Pero tomemos un anteojo poderoso y dirijamos la mirada a uno de esos puntos: nuestra natural esperanza de poderlo ver más grande se disipa; el punto luminoso se ha vuelto aún más pequeño, por más de que ahora nos parezca nítido y brillante. En cambio otros puntos del cielo mirados con el anteojo, se nos han presentado mayores y con forma esférica bien definida. En el primer caso hemos mirado una *estrella;* en el segundo un *planeta.*

Las estrellas se diferencian además de los planetas en que parecen tener una luz titilante y en que la distancia que hay entre ellas es inalterable. Los planetas despiden luz fija (reflexión de la que reciben del Sol) y comparando su situación en el cielo con respecto a la de las estrellas, se ve que cambian de ubicación.

Las nebulosas. — Hay, además, en el cielo, zonas que a simple vista se presentan con una nebulosidad o luz muy tenue. Por ejemplo, la bien conocida *Vía Láctea,* llamada también Camino de Santiago y Galaxia. Los primeros observadores notaron que tomando un teles-

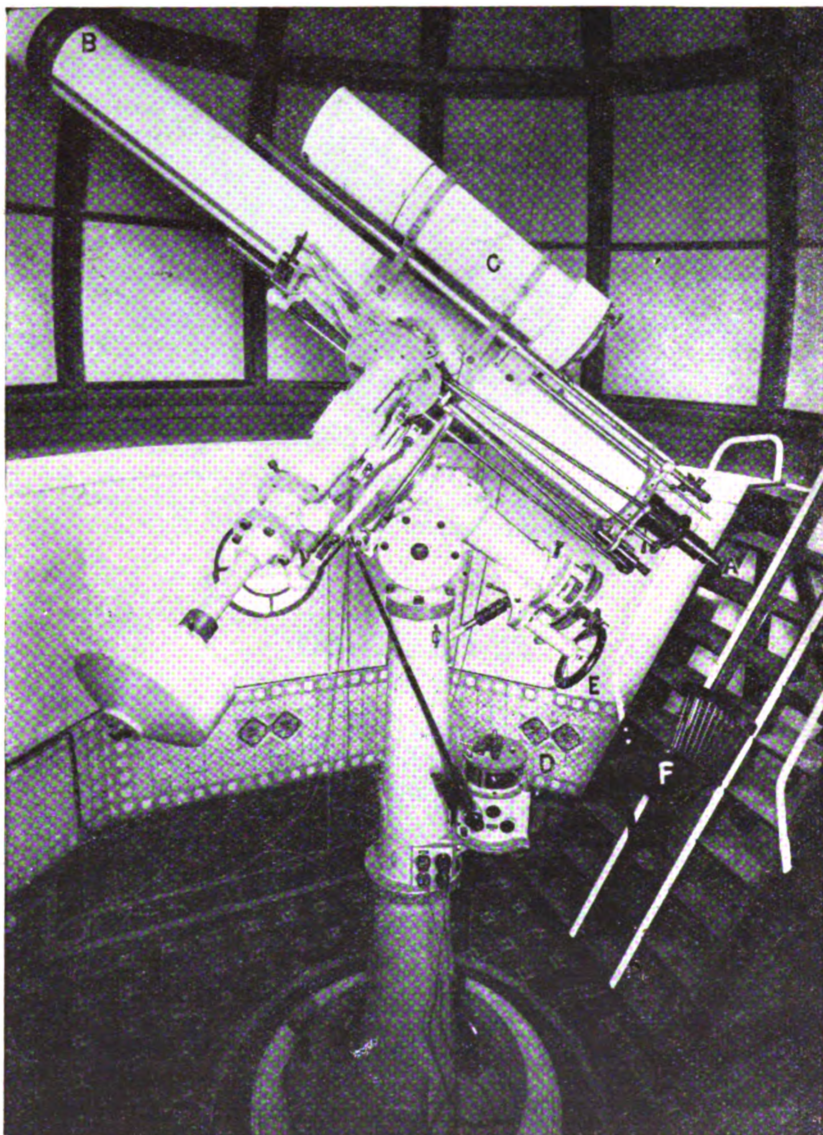


FIG. 2. — *ECUATORIAL DEL OBSERVATORIO ASTRONÓMICO DE LA UNIVERSIDAD DE MONTEVIDEO. — Este anteojo cuya magnitud puede calcularse por el sillón F. del observador, sirve para explorar el cielo y fotografiarlo. Un aparato de relojería D, permite seguir el movimiento de los astros. La Cámara C está destinada a fotografiar las estrellas. El punto A indica el lugar por donde el astrónomo mira hacia el cielo (ocular). La escalera que está junto al instrumento es giratoria, de suerte que el observador puede estar sentado o de pie a cualquier altura, sea cual fuere la posición del anteojo. Este ecuatorial fué construido en Jena (Alemania) por la casa Zeiss para el Observatorio de la Universidad.*



(Fot. del Ob. del Monte Wilson)

FIG. 3. — *LA NEBULOSA IRREGULAR DE ORIÓN, muestra al observador del cielo, un ejemplo vivo de los materiales gaseosos que van a generar nuevos mundos.*

copio poderoso esa nebulosidad no era sino un conjunto de estrellas muy juntas, al parecer, y pensaron que todas las otras nebulosas, es decir, aún aquellas que los anteojos no podían definir, eran también conjuntos de estrellas muy lejanas. Los progresos de la observación astronómica vinieron, sin embargo, a demostrar que no era así [1]. En las nebulosas cabe distinguir, en efecto:

---

1. **Análisis espectral.** — Cuando miramos a simple vista un espectro solar, nos parece que cada uno de los colores en que está descompuesto es continuo, es decir, que no hay interrupciones en su conjunto. Pero si nos proveemos de un aparato óptico de mucho aumento, vemos que dentro de cada color aparecen rayas oscuras a las cuales los físicos llaman "Rayas de Fraunhofer". Ahora bien: todos los espectros solares que se obtienen, poseen igual número de rayas dispuestas a igual distancia. Pero si en lugar de analizar un rayo de luz solar se analiza un rayo de otra clase de luz cualquiera, se ve que el espectro difiere en los colores, en el número de rayas y también en la colocación de éstas, pero sea cual fuere la cantidad de espectros que se obtengan, para cada naturaleza de luz corresponde el mismo espectro. Los espectros pueden ser de varias clases:

1º Los gases y vapores incandescentes dan espectros de rayas aisladas, como ser el vapor del sodio que da una línea amarilla. El hidrógeno da cuatro rayas; el vapor de hierro, mil.

2º Los sólidos y los líquidos incandescentes dan espectros continuos. Ej.: los carbones de las lámparas de arco; los filamentos de las lámparas incandescentes.

El análisis espectral permite saber la constitución físico-química de los cuerpos celestes.

1º *Grupos estelares* o nebulosas resolubles, verdaderos conjuntos de estrellas que si en algunos casos no son visibles más que en forma nebulosa, la fotografía los muestra como estrellas bien definidas. Los grupos estelares están localizados generalmente en la Vía Láctea. Ej.: la aglomeración de *las Pléyades* conocidas vulgarmente por Las Siete Cabrillas, mirada a simple vista nos presenta siete estrellas, pero los grandes telescopios descubren 600 y las máquinas fotográficas 2000.

2º *Las nebulosas verdaderas* [1]. Son muy distintas de las anteriores. Están constituidas por materiales gaseosos, entre los cuales se encuentra una sustancia desconocida en la química terrestre llamada *nebulium* [2]. Ej.: la *Nebulosa de Orión,* visible en nuestro cielo. Ocupa ésta un espacio de 20º, casi 1800 veces la superficie de la Luna. Casi todas las nebulosas, aún aquellas que fueron calificadas al principio de *irregulares* (como la de Orión) muestran en las placas fotográficas una general tendencia a la formal espiral como la *Nebulosa de los Perros de Caza* (fig. 4) o la de *Andrómeda* (fig. 5) aunque ésta por presentársenos de perfil, pueda parecernos oval.

En fin: otras tienen forma de corona y ostentan en el centro una condensación como la de *La Lira,* al alcance de los anteojos de los aficionados.

Sea cualquiera la forma, lo cierto es que muchas de esas nebulosas presentan núcleos luminosos acerca de los cuales hay sospechas bien fundadas de que sean verdaderos soles ya formados [3].

Se han contado alrededor de un millón de nebulosas.

La Vía Láctea. — Las estrellas no están igualmente distribuidas. Mientras en algunas partes hay entre ellas espacios muy grandes, en otras están de tal modo acumuladas, que constituyen una verdadera franja que se extiende como un arco encima de nuestra cabeza. A este lugar del cielo, donde las estrellas son tan abundantes, se llama la *Vía Láctea.*

Williams Herschel (1738 - 1822) fué el primero en sospechar que el Sol y sus planetas estaban en el centro de ese inmenso conglomerado estelar. Las modernas investigaciones parecen confirmar estas sospechas [4].

---

1. Una división estricta en grupos estelares y nebulosas no existe. Las Pléyades, por ejemplo, están envueltas en nebulosidades.

2. En los últimos años se ha comprobado que el nebulium es un estado especial del oxígeno y del hidrógeno ionizados bajo la acción de una presión muy débil.

3. **El universo finito.** — Simón Newcomb ha dicho: la colección de estrellas que llamamos Universo, es de una extensión limitada. Las modernísimas concepciones del físico Einstein conducen análogamente a la afirmación de que el Universo es finito, pero sus fundamentos no caben en un texto de esta naturaleza.

4. OORT y PLASKETT, estudiando las velocidades radiales de las estrellas situadas en el plano galáctico, han llegado a la conclusión de que la Galaxia está animada de una rotación alrededor de un eje perpendicular a su plano de simetría y situado en dirección de la constelación de Sagitario. Por más datos a este respecto véase el estudio de H. MINEUR, "Sur la rotation de la galaxia". C. R. de la Academie des Sc. de Francia, sesión de 14 de enero de 1929.



Foto. del Observatorio de Yerkes.

FIG. 4. — *LA NEBULOSA DE LOS PERROS DE CAZA, evidencia con sus brazos, espirales y condensaciones brillantes, que la materia cósmica, que aún resta en el espacio, se mueve como acaso se moviera la materia constitutiva de nuestro Sol. Obsérvese, en medio de la luminosidad tenue, puntos densos, futuras estrellas alrededor de las cuales pueden girar nuevos mundos.*

El Sol no es más que una estrella que si nos parece tan grande y luminosa no es sino debido a la poca distancia que nos separa de ella (149.000.000 kms). Alfa del Centauro, la más cercana del sistema solar, está a 4 billones de kilómetros.

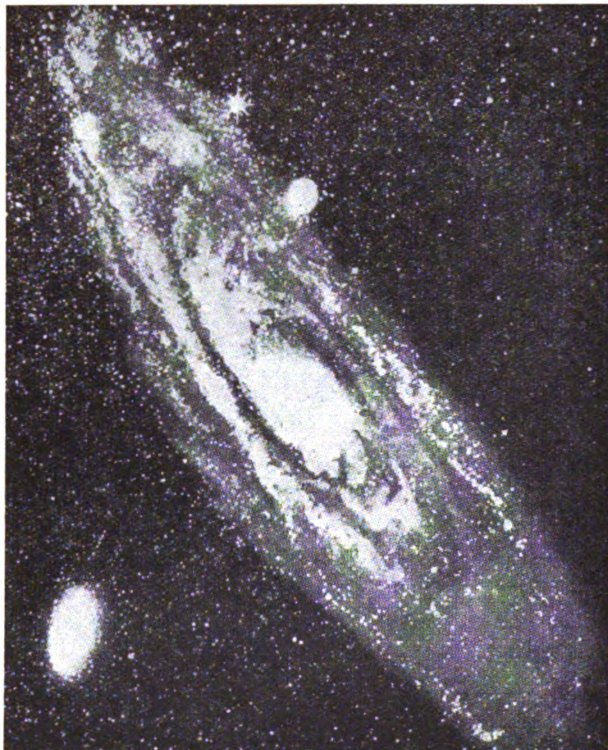


Foto. del Observatorio de Yerkes.

FIG. 5. — *LA NEBULOSA DE ANDRÓMEDA, que abarca en el cielo un espacio de 7.500.000.000.000 de kilómetros, tiene a pesar de su forma aparentemente ovalada una disposición espiral.*

EVOLUCIÓN DE LAS NEBULOSAS [1].—Según las investigaciones modernas todas las nebulosas están en vías de condensarse, y, por lo tanto, de transformarse en estrellas. Las más irregulares presentan, en efecto, partes desigualmente iluminadas, algunas muy brillantes, manifestación evidente de una acumulación de materia. En casi todas hay verdaderos núcleos, de intensidad luminosa grande, que son por lo mismo, estrellas verdaderas.

El sistema solar.—El Sol y los planetas que le sirven de corte, es decir, el Sistema Solar, forman parte del gran conjunto de la Vía Láctea y en medio de sus millones de soles, apenas si representan un punto insignificante en el espacio.

1. El Congreso de Copenhague adoptó para las nebulosas la clasificación de E. P. HUBLE: A, Nebulosas galacticas, planetarias y difusas; B, Nebulosas extragalácticas, elípticas, espirales e irregulares.



Fig. 6. — *TEORIA DE LAPLACE—1er. tiempo. — Por efecto de la fuerza centrífuga, se ensancha el ecuador de la masa desprendida del Sol y forma un anillo, donde más tarde se dibujan condensaciones, base de los futuros planetas.*

Fig. 7. — *TEORIA DE LAPLACE.—2º tiempo. — Por fin, la fuerza centrífuga del anillo vence y éste se fracciona, formándose en cada anillo uno o dos cuerpos que tienen por núcleo las condensaciones primitivas.*

GÉNESIS DE LA TIERRA

La materia. — La experiencia demuestra que un chorro de agua de dos centímetros de diámetro, cayendo por un tubo desde una altura de 500 mts., no puede ser cortado por un golpe de sable. "El arma es detenida en la superficie del líquido como lo sería por un muro. Una lámina de agua de algunos centímetros de espesor, animada de una gran velocidad, sería tan impenetrable a un obús como el blindaje de un acorazado". [*80*]. Esto podría demostrarnos que el estado físico de los cuerpos, es decir, los estados sólido, líquido y gaseoso, no son si no consecuencias de la velocidad con que se mueven sus moléculas. Un disco blando de hierro, corta fácilmente barras de acero muy duro, si se le da una velocidad de rotación suficiente.

Un cambio en las condiciones físicas del medio que modifique esas velocidades moleculares, cambia también el estado del cuerpo. Las investigaciones de laboratorio, prueban, además, que hay entre los tres estados transiciones que se efectúan sin ningún estado brusco, es decir, sin que se advierta lo que los físicos llaman discontinuidad. Así, por ejemplo, todos los gases pueden transformarse en líquidos con sólo hacer variar su temperatura y su presión. (Procedimiento de Linde para la obtención del aire líquido)[1].

Origen del sistema solar. — En los comienzos del Universo ocurrió algo análogo a los experimentos que acabamos de referir. La materia primitiva, de la cual debió formarse el sistema solar, experimentó una gran transformación.

1. Véase, GIUFFRA, E. S. — "Primer año de física".

Hipótesis de Kant. — (1724 - 1804) — "Todos los materiales de que se componen las esferas de nuestro sistema solar — dice el sabio filósofo de Kœnigsberg — estaban descompuestos en el origen de las cosas y sus elementos primitivos llenaban entonces el espacio entero en el cual circulan hoy los astros. En esta época nada había adquirido forma; la forma de los cuerpos celestes es un estado posterior. En aquellas condiciones, los elementos poseen, en esencia, la fuerza que puede ponerlos en movimiento [1] y la materia está en un esfuerzo constante por construirse". Aquellos elementos dispersados de mayor densidad, atraen las partículas más ligeras que los rodean y ellas mismas convergen hacia puntos aún más densos. Así, según Kant, se formaron núcleos de materia, cada uno de los cuales es una estrella. El Sol era una de esas estrellas, al principio esférica, pero luego, en virtud del movimiento de rotación que adquiriera, pasó a tener la forma de un eclipsoide. Después por un trabajo de condensación análoga al que lo formara, se originaron, a diferentes distancias del centro, otros núcleos de condensación llamados planetas [2].



Fig. 8. — *PIERRE SIMÓN, MARQUÉS DE LAPLACE, a quien la ciencia astronómica debe las bases fundamentales de la moderna cosmogonia. (1740 - 1827).*

Hipótesis de Laplace. — Cuarenta años después, y sin que tuviera noticias de las ideas de Kant [3], el físico francés Marqués de Laplace, expone una nueva hipótesis, inspirada, sin duda, en el descubrimiento de las nebulosas en diversos estados de concentración y de las agrupaciones de estrellas como Las Pléyades o las estrellas dobles [*111*] pero en lugar de extender sus concepciones al conjunto del mundo estelar, se concreta a explicar solamente el origen del Sistema Planetario. Para él este sistema se encontraba al principio a muy altas temperaturas [4] que no admitían sino el estado gaseoso y ocupaba un espacio 1800 veces más extenso que el que abarca la órbita del planeta más alejado del Sol. Pero el frío

---

1. Esta idea parece robustecerse ante los nuevos conceptos de la física moderna, que admite la constitución de los átomos como partículas muy pequeñas, girando velozmente sobre sí mismas y alrededor de un núcleo central. Según ellas, la fuerza es una propiedad inherente a la materia, de lo que pueden obtenerse analogías interesantes acerca de las primeras concepciones de Kant.

2. Una traducción al francés de la hipótesis de Kant, puede consultarse al final del libro de C. WOLF "Les hyphothèsis cosmogoniques" [**160**].

3. "Buffon — dice en efecto Laplace — es el único que conozco que después del descubrimiento del verdadero sistema del mundo, haya ensayado remontarse hasta los orígenes de los planetas y de los satélites".

4. Vamos a ver después, que algunos físicos modernos sólo admiten las temperaturas altas de la nebulosa primitiva, luego de haber comenzado la condensación.

del espacio (avaluado hoy en 273° bajo cero) actuó sobre la nebulosa primitiva y en virtud de ello comenzó una condensación de los elementos.

Tomemos un paraguas y quitémosle la tela. Coloquemos luego, en los extremos de las varillas, pequeñas plomadas. Si abrimos el paraguas y lo queremos hacer girar rápidamente con el eje colocado verticalmente, notamos que las pesas oponen una gran resistencia; pero si vamos cerrando el paraguas, observamos que a medida que las pesas se aproximan al eje, es más fácil el movimiento que deseamos imprimir. En el primer caso las pesas han estado alejadas, del eje; en el segundo, se han aproximado a él.

Con la masa gaseosa primitiva pasó algo análogo a lo ocurrido en el experimento anterior. El frío del espacio, *condensó*, es decir, aproximó las moléculas y las reconcentró sobre un eje, aumentando así la velocidad de la masa. Cuando la materia cósmica siguió girando, se pudo apreciar mejor el desarrollo de dos fuerzas antagónicas: la centrípeta y la centrífuga [1]. En las clases de física se enseña que en una esfera girando, la fuerza centrífuga es más intensa a medida que nos aproximamos al ecuador. El centrifugador explica claramente este fenómeno.

La materia gaseosa primitiva, al condensarse, formó un núcleo que es nuestro Sol y en ella la fuerza centrífuga, — vencedora de la centrípeta, — concluyó por desprender en el ecuador un anillo de nebulosas, análogo al que presenta actualmente Saturno (Fig. 14). Este anillo, cada vez más frío y por su condensación cada vez más veloz, terminó por fraccionarse, formando ocho grandes núcleos, cada uno de los cuales, fué, el principio de un planeta. Uno de estos planetas es la Tierra, cuyos elementos constitutivos han de tener, pues, según esta hipótesis una perfecta identidad con el Sol de donde procede [2].

El físico belga Plateau, reprodujo en el laboratorio la hipótesis de Laplace. Depositando una gota de aceite en un recipiente de cristal lleno de una porción de agua y otra de alcohol, cuyas capas inferiores son más densas que aquella materia, vió que la masa de aceite descendía hasta encontrar una densidad igual a la suya. Al permanecer estacionaria, tomó la forma de una esfera a causa de que en ese estado la gota de aceite se encontraba libre de la acción de la gravedad y sus moléculas se atraían mutuamente. Ahora bien: tomando un disco en cuya parte central se hallaba un alambre colocado perpendicularmente, lo introdujo con cuidado en el aceite. Imprimiéndole luego con auxilio de un manubrio, un movimiento de rotación, vió entonces que la gota tomaba la forma de un esferoide. Aumentando la ve-

---

1. **La fuerza centrífuga** se manifestaría violentamente si fuera posible trasladarnos instantáneamente del polo al ecuador, pues seríamos arrojados al espacio con una velocidad diez veces mayor que la de un ferrocarril en marcha.

2. **La constitución del sol y de la tierra.** — El análisis espectral del Sol nos ha proporcionado datos acerca de la constitución de su fotosfera y por ellos sabemos que allí hay hierro, magnesio, silicio e hidrógeno. Alfredo Carnú ha hecho notar que las substancias del Sol, tienen la más grande analogía con las rocas de meteoritos y piedras caídas del cielo. MEUNIER, por su parte, ha logrado hacer la síntesis de las rocas iniciales de la corteza terrestre por el encuentro de los vapores de magnesio metálico, del cloruro de silicio y del agua. Puede decirse que el experimento consiste en hacer una imitación de la atmósfera solar y provocar en ella una precipitación que recuerda — dice — a pesar de la alta temperatura dominante, la formación de la escarcha por la brusca cristalización del vapor de agua atmosférico [93].

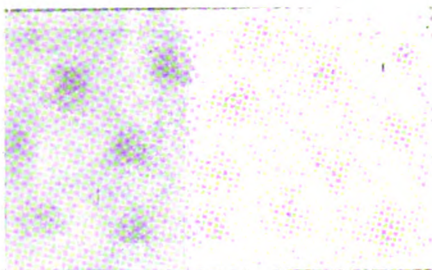


FIG. 9. — *TEORIA DE FAYE. — 1er. tiempo. — Caos, frío, oscuro, muy rarificado. Por los movimientos lentos que en él se generan, se producen aglomeraciones.*

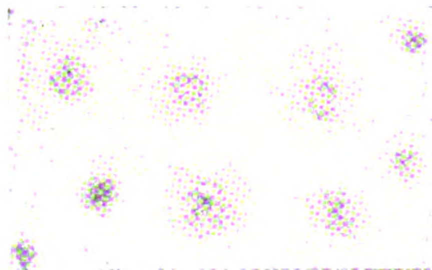


FIG. 10. — *TEORIA DE FAYE. — 2º tiempo. — El caos, se condensa en núcleos que van a constituir las nebulosas.*

locidad de rotación, el achatamiento polar se hizo más pronunciado y aumentándola más todavía pudo ver que la esfera se ahuecaba y formaba un anillo alrededor del disco. Haciendo intervenir un pequeño motor en la producción del movimiento de rotación del alambre, concluye por fraccionarse el anillo y formar núcleos esféricos que dan vuelta alrededor del disco en el mismo sentido que el movimiento del alambre.

Según la teoría de Laplace, la Tierra, entonces en estado plástico, se acható en los polos y se ensanchó en el ecuador y lanzó al espacio una porción de materia que constituyó la Luna, satélite de nuestro planeta. Saturno es un ejemplo vivo de la formación de los anillos en torno de un núcleo planetario. Cuando se fraccione, aumentará el número de los actuales satélites.

Consecuencias de la teoría de Laplace. — 1º La Tierra procede del Sol y debe tener todos sus elementos constitutivos.

2º Los movimientos de los planetas deben efectuarse en el mismo sentido que el del Sol (movimiento directo).

3º La Tierra debe haber empezado su enfriamiento de afuera hacia adentro (irradiación del calor terrestre).

Objeciones a la teoría de Laplace. — ¿De dónde procede el calor de la materia gaseosa primitiva?

Urano, Neptuno, Júpiter y Saturno tienen satélites con movimientos contrarios a los expuestos por Laplace.

La teoría no explica la procedencia de los cometas.

TEORÍA DE HERVÉ FAYE (1844 - 1902). — El astrónomo francés Hervé Faye, trató de salvar las objeciones hechas a la teoría de Laplace [*50* Cap. XIII y XIV].

Su teoría puede descomponerse en cinco tiempos:

1º Una nebulosa primitiva sin núcleo y fría se traslada en el espacio con movimientos en todo sentido, como el *caos* de donde procede. El

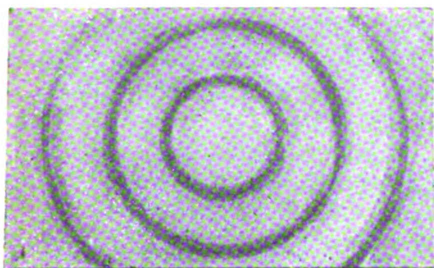


FIG. 11. — *TEORIA DE FAYE. — 3er. tiempo. — La nebulosa se condensa formando anillos en torno de un centro vacío como consecuencia del movimiento turbionario de que está dotada.*

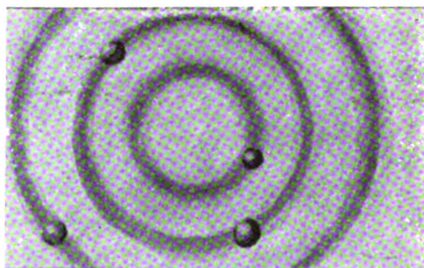


FIG. 12. — *TEORIA DE FAYE. — 4º tiempo. — Por las diferencias de velocidades de los anillos, la materia tiende a formar condensaciones con el eje perpendicular al plano de aquellos.*

caos es frío, oscuro y muy rarificado. Ocupa el espacio del Universo y contiene intrínsecamente los materiales que van a constituir los mundos. Por los movimientos lentos que en ella se generan, el caos se fracciona en aglomeraciones, origen de las nebulosas que han de engendrar las estrellas (fig. 9).

2º Después de la formación de estos núcleos nebulosos, se crean dentro de ellos movimientos turbionarios muy lentos como consecuencia del movimiento de traslación y de la caída de sus nebulosas consecutivas hacia el centro de la masa. Este movimiento sería en espiral, tal como puede notarse hoy en muchas nebulosas, pero de una gran lentitud. La nebulosa era extremadamente poco densa: en un miriámetro cúbico, sólo había tres gramos de materia (fig. 10).

3º La nebulosa se condensa, formando anillos en torno de un centro vacío, como consecuencia del movimiento turbionario. En cada anillo las velocidades serán tanto mayores, cuanto más externos sean (fig. 11).

4º Por estas diferencias de velocidades, la materia tenderá a formar núcleos de condensación en el plano del anillo con el eje vertical a él (fig. 12).

5º La materia aislada en el centro de los anillos, tenderá a formar masas menos densas que los anillos cercanos. En este estado los anillos exteriores ya en vías de desaparición por condensaciones nucleares (planetas) giran como en el comienzo. La condensación central será el origen del Sol, el cual irá aumentando de masa por caídas de nuevas masas cósmicas errantes. En seguida comenzarán a formarse los satélites por un mecanismo semejante al expresado por Laplace. En los anillos exteriores, rigen ya las leyes de Newton: los cuerpos se atraen en razón directa a las masas y en razón inversa al cuadrado de la distancia. Por lo tanto: las moléculas más alejadas, se mueven con más lentitud que las interiores (movimiento retrógrado). Los satélites de esos planetas serán también retrógrados (fig. 13).

Por lo demás, según Faye, los planetas son elementos cósmicos, formados más allá de la periferia del caos primitivo, describiendo órbitas muy alargadas que escapaban a la influencia de la condensación central.

Consecuencias de la hipótesis de Faye. — 1º La Tierra es más antigua que el Sol y no se ha formado por desprendimiento suyo.

2º Como el Sol se ha formado de la misma materia cósmica que los planetas, debe tener todas las energías potenciales que éstos.

3º La masa cósmica primitiva impuso los movimientos que tiene la Tierra y que ahora están regidos por el Sol.

4º Los cometas forman parte del Sistema Solar.

5º Los planetas interiores y exteriores no tuvieron igual formación mecánica.

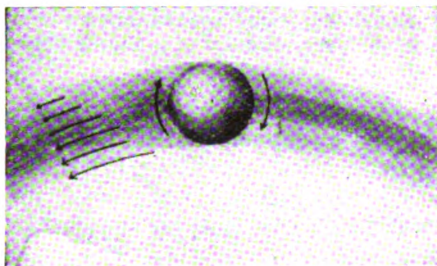


FIG. 13. — *TEORIA DE FAYE. — Explicación del movimiento retrógrado de los planetas exteriores. — Rigen las leyes de Newton.*

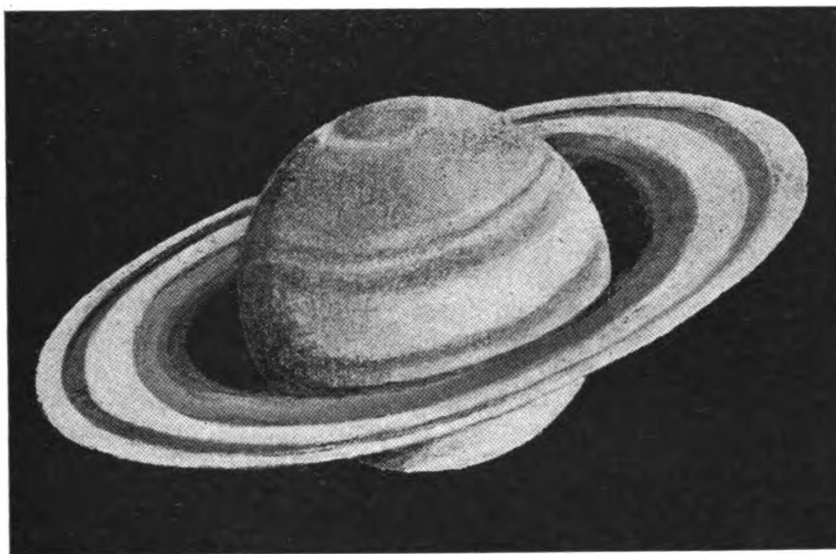
Otras teorías cosmogónicas. — HENRY POINCARÉ [*116*] ha explicado matemáticamente y *sin hipótesis*, los dos hechos fundamentales de las dos primeras etapas de la evolución de nuestro mundo: la formación de los planetas y la organización de sus movimientos. (A. Veronnet, C. R. A. Sc. 18 Febrero 1929).

SEE, (teoría de la captura), cree que los planetas han existido siempre, pero que tuvieron el carácter de errantes hasta que fueron captados por el Sol. Los satélites habrían sido atraídos por los planetas.

LIGONDEES, matemático francés, concibe un caos de proyectiles o moléculas primitivas que marchaban en todas direcciones. (Formation mécanique du systeme du monde, 1897). Los choques que ocurrieron entre ellos anularon su fuerza viva y cayeron o se contrajeron formando núcleos que aumentan constantemente. Uno de estos núcleos es el Sol [*116* págs. 116 a 129]. 110", pág. 58.

SVANTE ARREHNIUS, (La evolución de los mundos, 1913), físico sueco, concibe una especie de polvos cósmicos movidos por una fuerza llamada *fuerza de radiación* y la gravitación universal. Según este autor, la nebulosa primitiva, al principio muy fría, en virtud de la rarefacción de sus elementos, fué adquiriendo más calor por propia condensación, para luego volver a enfriarse [*12*].

EL ABATE MOREUX parte de la observación de las nebulosas espirales y de la existencia de materia cósmica oscura (nubes o corrientes) re-



(Dib. del autor)

Fig. 14. — *EL PLANETA SATURNO. — Como se mueve a una gran distancia de la Tierra, mirado a simple vista nos parece sólo un punto luminoso, pero visto con un anteojo de regular potencia, se advierten los anillos que lo rodean como una comprobación actual de la disposición que tuvieron, en su comienzo, las masas planetarias.*

veladas por la fotografía. Esta serían los espacios creídos vacíos (sacos de carbón).. Una masa nebulosa, encontrando una corriente de materia cósmica, captura materiales que se organizan en forma espiral, de dos ramas, de varias o de aspecto lenticular. El choque sería semejante al que daría origen a las estrellas de aparición repentina *(Novas)*. Moreux llega, por consideraciones matemáticas y físicas a dar razón hasta de la distancia al Sol de los planetas y de la inclinación del eje de éstos [*98*] [1].

Chamberlin y Moulton creen que el Sol era una estrella aislada, pero que el paso de otro Sol produjo en él tales perturbaciones que dieron origen al sistema planetario.

---

1. A. Veronnet. — "Sur l'origine des planetes y la formation du monde". C. R. A. Sc. — 18 febrero 1929.

HISTORIA DE LA TIERRA

Cómo se formó la corteza terrestre. — La hipótesis de Laplace o las que han tratado de sustituirla, nos presentan — tal como hasta ahora lo hemos expuesto — la Tierra en el comienzo de su formación, es decir, *en el instante en que una porción de todos los componentes del Sol, se separa para formar un nuevo núcleo.* ¿Cómo esos elementos gaseosos dan lugar a la formación de la corteza terrestre solidificada? ¿Cómo se disponen, dentro de la corteza, esos elementos?

Partiendo De Launay, de la observación de que la superficie de la Tierra encierra en cantidades más o menos grandes, casi todas las formas de las materias contenidas en el Sol y en los astros, y, además, de los datos proporcionados por la industria mineralógica, formula la siguiente ley:

"En la Tierra incandescente, antes de su solidificación, los elementos químicos estuvieron dispuestos, con respecto al centro, en razón de su peso atómico, tal como si ellos (todavía libres de toda combinación química), hubieran sido sometidos a la atracción universal [1] y a la fuerza centrífuga [2].

Para formular esta ley, el sabio francés tomó una lista proporcionada por la metalogenia sobre agrupación de los elementos y la comparó con otra de los pesos atómicos. De ello dedujo que había entre ambas una absoluta correspondencia.

AGRUPACIONES ESTABLECIDAS POR LA METALOGENIA	PESOS ATÓMICOS POR SU ORDEN
1.o *En la atmósfera y en las aguas.* — Hidrógeno, azoe y oxígeno.	Hidrógeno (1), Azoe (14) y oxígeno (16).
2.o *Corteza silicácea.* — (Rocas y terrenos sedimentarios): Silicio, aluminio, sodio, potasio, magnesio, calcio.	Sodio (23), magnesio (24), aluminio (27) y silicio.
3.o *Mineralizadores:* Cloro, azufre, fósforo, etc.	Fósforo (31), azufre (32) y cloro (34).
4.o *Yacimientos metalíferos de segregación ígnea.* Hierro, manganeso, níquel, cobalto, cromo, titano, vanadio.	Titano (48), vanadio (51), cromo (52), manganeso (54), hierro (56), níquel y cobalto (59).
5.o *Yacimientos de filón unidos a las segregaciones básicas:* cobre.	Cobre (64).
6.o *Yacimientos de filón.* — Zinc, plomo, antimonio, plata, mercurio, tungsteno, oro, uranio y radio.	Zinc (64), plata (108), antimonio (120), tugsteno (184), oro (197), mercurio (200), plomo (207), bismuto (208), radio (225), uranio (239).

1. Hablando con el lenguaje de las modernas teorías físicas, diríamos fuerza electromagnética.

2. Equivalente estático de la rotación terrestre [41].

Los elementos químicos, pues, deberán estar dispuestos en la corteza, en lugares tanto más cercanos al centro, cuanto mayor sea su peso atómico, y, si como dice la ley "libres entonces, de toda combinación química, actuaron sobre ellos la fuerza centrífuga y la atracción universal", a algunas decenas de kilómetros de la superficie, los metales que reputamos raros (oro, plata, platino, etc.) podrán encontrarse en proporciones preponderantes [*41*, págs. 89 y sig.].

Todos los elementos, aún los más densos como los metales, estuvieron, pues, en un principio en estado gaseoso. Pero la espesa atmósfera que así constituían, fué sufriendo, por la influencia del frío exterior, vale decir, por los 273º bajo cero del espacio, un enfriamiento paulatino. Los metales más volátiles como el potasio y el sodio, entonces en estado de vapores, se condensaron primero, y luego, precipitaron hacia el interior de la masa gaseosa. Después, los otros elementos que no se habían podido asociar debido a las altas temperaturas, "combináronse por enfriamiento gradual y produjeron los cloruros, los bromuros, yoduros, etc., en tanto que el hidrógeno y el oxígeno, al fin combinados en estado de *vapor de agua*, sólo aguardaban, para precipitarse en *estado líquido*, el descenso de la temperatura por debajo de los 360º, punto crítico del agua [*18*, pág. 26].

Este baño de agua hirviente, resultó sin embargo, frío para las temperaturas que aun tenían los elementos condensados anteriormente y, por lo mismo, comenzó la cristalización de nuevos elementos. Esta corteza así formada, tuvo, a pesar de su primitiva delgadez, importante misión en el Globo: separar con una capa sólida los materiales aun fundidos del interior, de la capa de materiales que todavía permanecían gaseosos (atmósfera). Pero la corteza primitiva fué aumentando de espesor exterior e interiormente. Por la parte de afuera, debieron ocurrir, después de formada la primera costra, precipitaciones de nuevos elementos originados por combinaciones que antes habían sido imposibles por las altas temperaturas reinantes, e internamente, por el enfriamiento que debió ocurrir, en la masa ígnea central, de afuera hacia adentro.

Desde el momento, pues, en que se define la constitución de la parte sólida de la Tierra, se pueden distinguir tres partes fundamntales en su constitución:

1º La *litoesfera*, de naturaleza escoreácea y heterogénea, debajo de la cual está el *núcleo central*, acaso de índole metálica, de gran densidad y en comunicación accidental con la superficie.

2º La *hidroesfera*, capa de agua que tiende a reconcentrarse en la parte más baja de las irregularidades de la litoesfera; y

3º La *atmósfera*, elemento gaseoso, compuesto principalmente de ázoe y de oxígeno.

El conjunto de estas capas constituye la Tierra y aun cuando al comienzo, debieron ser concéntricas, fenómenos de distinta clase ocurridos en su seno, no solamente modificaron las condiciones primitivas sino que, continuando muchos de ellos hasta el momento actual, constituyen lo que podríamos llamar *la vida* del planeta.

Cómo se estudia el pasado de la Tierra. — La Geología, que estudia las formas del pasado terrestre, es, la historia de nuestro planeta, y la Geografía Física, que investiga las causas que provocan las actuales modificaciones de la superficie, no podría explicar muchos de sus fenómenos sin echar un vistazo al pasado donde recoger enseñanzas que nos digan cómo pueden comportarse los elementos de ahora o del porvenir.

Pero para hacer un estudio del pasado de la Tierra, el geólogo, no tiene sino dos puntos de partida: las rocas y los fósiles.

LAS ROCAS.—Se llama roca a un conglomerado de minerales y de substancias, semejantes o no, con forma cristalina o sin ella [*61*, pág. 59]. Las rocas se caracterizan por su estructura, su composición química, sus caracteres mineralógicos y por su origen. Atendiendo a su origen, las rocas pueden ser de tres clases: a) *Rocas ígneas o eruptivas;* b) *Rocas sedimentarias* y c) *Rocas metamórficas.*

ROCAS ÍGNEAS. — Las rocas ígneas provienen de la parte superficial del núcleo central, de la misma manera que "en un baño de fundición, en el chorro de un alto horno, en la parte superior del metal fundido, se acumulan las escorias y los detritus más ligeros". [*136*, pág. 58]. Comprenden, pues, las rocas eruptivas o ígneas, las rocas volcánicas *efusivas,* (es decir, las que han sido arrojadas al aire, como las lavas basálticas) y las rocas *intrusivas,* las formadas en las profundidades, como el granito [1]. Las rocas ígneas pueden estar así formadas enteramente por materias cristalinas, contener materias amorfas en cantidades variables o estar compuestas de materiales fragmentarios, pero todas, cualquiera que sea su constitución, han tenido por origen los materiales fundidos de que se formó la primera corteza o constituyen actualmente el *magma* interior. La diversidad de sus formas, obedece a las condiciones en que el magma se ha enfriado. Si el enfriamiento ha sido muy lento, los elementos han tenido tiempo de cristalizar enteramente. Si, por el contrario, el enfriamiento ha sido rápido, la cristalización es defectuosa y entonces junto a materias cristalizadas se encuentran otras en estado vitrio o amorfo. Por último, si el enfriamiento ha sido rapidísimo, no se produce cristalización y los ele-

1. Muy recientemente, la ciencia mineralógica ha llegado a la persuasión de que el granito puede no proceder de las profundidades magmativas, y que antes bien, puede formarse por transformación de las rocas iniciales, a causa de las grandes presiones provocadas por plegamientos post-tectónicos. — Véase LUGEON, M. "Sur l'ongine du granite". C. R. A. Sc. — 12 de mayo de 1930.

mentos forman una masa vitria cuya composición química es igual a la del conjunto de las diferentes rocas cristalinas que a ella corresponderían.

Mediante esta clase de procesos, es decir, enfriamientos más o menos rápidos, se obtienen rocas vitrosas como la obsidiana, rocas semicristalinas como los pórfidos o rocas cristalinas como el granito. Por lo demás es muy raro que en las rocas vitrosas falte totalmente algún vestigio de cristalización [1]. Por esta razón, suele llamarse también a las rocas ígneas, rocas *cristalinas*.

Las rocas ígneas son típicas de los tiempos en que la corteza sólida, todavía muy débil, era de continuo empujada por la ebullición de los elementos líquidos o gaseosos encerrados debajo de ella. Sus frecuentes esfuerzos por abrirse paso al exterior, fraccionaron la corteza y abriendo cráteres y conductos que al derramar su material ígneo, dieron origen al terreno que los geólogos llaman arcaico o de arqueo.

ROCAS SEDIMENTARIAS. — Cuando la atmósfera exterior alcanzó el punto crítico del agua (360º) cayó sobre las rocas ígneas una enorme lluvia de agua hirviendo. Esta agua dotada, por su elevada temperatura, de un gran poder de disolución, lavó toda la parte superficial de la corteza aún caliente, y grandes ríos, siguiendo la pendiente, fueron a echarse en las partes más entrantes de la corteza. Así tuvieron origen los mares y así se fueron depositando, en el fondo de ellos, los elementos desgastados de las partes más salientes. A cada nueva lluvia correspondió un nuevo depósito que, al sobreponerse sobre el anterior, formó una *capa o estrato*. Estas formaciones que no sólo tuvieron origen en la desintegración de las rocas ígneas — como ocurrió en los tiempos más primitivos — sino que también pueden formarse por acumulaciones de despojos de planetas y detritus orgánicos, se llaman rocas sedimentarias.

Las rocas sedimentarias se dividen, de acuerdo con su origen, en dos grupos:

1º *Rocas protógenas*, formadas por la depositación directa de los materiales disueltos o en suspensión de las aguas: carbonatos, cloruros, sulfatos...

2º *Rocas deutógenas*, formadas por elementos arrancados de las rocas sedimentarias antiguas y vueltos a sedimentar.

El estado de división de los elementos constitutivos de las rocas sedimentarias, puede estar más o menos avanzado y así se encuentran casquijos, cantos rodados, arenas y barros.

Cuando los casquijos y los cantos rodados están unidos por un cemento cualquiera, se llaman conglomerados *(pudingas, brechas)*. Cuan-

1. Suele reconocerse con el microscopio.



Fot. Of. N. C. Exterior.

FIG. 15. — *CANTERA DE MARMOL. — Burgueño, Depto. de Maldonado.*

do los elementos son de tamaño mediano y están libres, se llaman *arenas*, que pueden ser silicosas, calcáreas, coralinas, etc.

Cuando intervienen polvos muy finos, que permanecen en suspensión, forman *limos* (arcillas, caolín, arcilla plástica, loesa, etc.) *margas* y *barros terrígenos*.

ROCAS METAMÓRFICAS. — La tercera clase de rocas que hemos mencionado, es la metamórfica, que quiere decir *transformación*. Su principal característica está constituída por contener cristalizaciones y presentar *esfoliación* vale decir, disposición en forma de hojas. En general se llama *esquisto* a toda roca que presenta esta estructura. (Ejemplo: el gneis y el micaesquisto).

Casi todos los esquistos han sido originariamente sedimentos y su actual constitución no es más que el producto de modificaciones ulteriores. La presencia de fósiles atestigua por otra parte el origen sedimentario de las rocas metamórficas.

¿Cuál es el origen de estas rocas?

El *metamorfismo* trata de explicarlo del siguiente modo:

I. — *Metamorfismo por contacto.* — Las rocas estratificadas han podido ser penetradas por las rocas eruptivas a altas temperaturas, las cuales, comunicando su calor a los estratos circunvecinos, han fundido sus elementos. Cuando la penetración ha cesado o simplemente los ele-

mentos ígneos han perdido su temperatura alta, comienza en la zona de contacto un enfriamiento que determina la cristalización (fig. 16).

II. — *Metamorfismo mecánico.* — Los movimientos del suelo, las contracciones de la corteza provocadas por el enfriamiento (*dinamo-metamorfismo*) (fig. 17) y aun mismo el espesor de los terrenos (fig. 18) son causa para que se desarrollen en las rocas sedimentarias temperaturas suficientes para fundir a aquéllos. La disminución de la presión [1] que puede obedecer a causas múltiples, es suficiente para que sobrevenga el enfriamiento determinante de la cristalización.

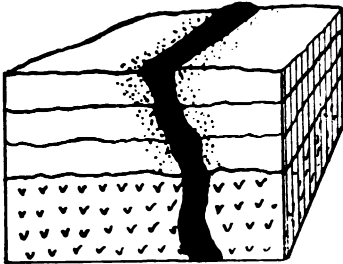


Fig. 16. — *METAMORFISMO POR CONTACTO.* — *La parte punteada, son las rocas metamórficas; la negra, el filón; y las marcadas con V, la roca ígnea.*

Los fósiles. — Los primeros elementos de que se valieron los geólogos para diferenciar y caracterizar las distintas edades de la Tierra fueron puramente litológicos o si se quiere, puramente minerales, pues se había observado que cada edad parecía tener una calidad de rocas propias. Un estudio más detenido pudo demostrar que el carácter litológico de los terrenos no era suficiente para precisar con exactitud el límite de las capas, desde que una misma roca podía hallarse en varias de aquélla. El frecuente hallazgo de rastros de animales muy antiguos y la manera de agruparse, según las condiciones físicas del suelo, hicieron pensar a Cuvier que este era un medio, más seguro para la clasificación gológica *(método paleontológico)*. Pero ni el método litológico, ni el paleontológico por sí solos son suficientes en algunos casos para precisar las clasificaciones y de ahí que el geólogo moderno use ambos simultáneamente.

El fósil propiamente dicho es un cuerpo originariamente orgánico que el transcurso del tiempo ha mineralizado o semimineralizado. Por extensión se llama fósil a la huella de un animal o planta encontrada impresa en las diferentes partes de la corteza terrestre y aun mismo las huellas de un fenómeno físico como la lluvia o las mareas. De esta manera la forma de algunos animales de los cuales sólo ha sido posible hallar reducidas partes ha podido determinarse siguiendo las señales dejadas por su forma material de

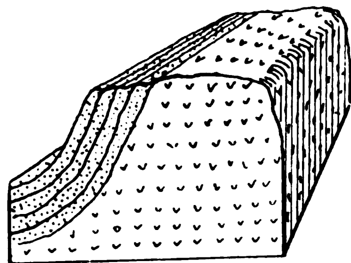


Fig. 17. — *DINAMO-METAMORFISMO.* — *La parte punteada es la metamorfoseada.*

1. Es sabido que todo cuerpo que se presiona fuertemente aumenta y que el que se expande disminuye de temperatura.

los primeros tiempos, atendiendo al medio donde se han desarrollado.

Los fósiles se dividen en *animales* y *vegetales*, y también en *terrestres*, *fluviales*, *lacustres* y *marinos*. El *sub-fósil* es aquel que ha tenido origen en terrenos modernos y que debido a su poco tiempo no ha podido realizar la transformación de orgánica a mineral de manera completa. Para que esta transformación pueda realizarse, es menester que ciertas circunstancias le sean propicias, como ser que el animal o planta se encuentre casi de inmediato, una vez ocurrida su muerte, fuera de la influencia del calor, del oxígeno y de la luz y que los materiales opongan resistencia a la descomposición. Un paleontólogo ha hecho la siguiente escala de durezas orgánicas, partiendo de las más resistentes:

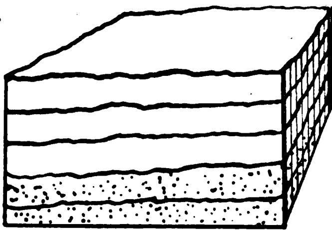


FIG. 18. — *METAMORFISMO GENERAL. — Las rocas metamórficas están representadas por la zona punteada.*

1º Dientes de mamíferos, reptiles y peces.
2º Huesos, astas y escamas.
3º El dermoesqueleto de los crustáceos e insectos.

Contribuyen especialmente a la fosilización, la presión de los materiales que cubren los seres y las condiciones químicas de las aguas. Parece innecesario decir que los fósiles sólo se encuentran en los terrenos de sedimento, pues en los de origen ígneo, las altas temperaturas hicieron imposible la vida.

Las eras geológicas. — La evolución de la vida en la Tierra. — La historia de las capas geológicas es, según acabamos de decir, la historia de la formación y desarrollo del planeta.

Se llama *terreno*, a un conjunto de rocas superpuestas pertenecientes a la misma época geológica. Los terrenos se dividen en *pisos* y los pisos en *lechos*. El tiempo necesario para constituir varios terrenos, se llama *era* y para formar un terreno *período*.

ERA PRIMITIVA O ARCAICA (del griego *archaios*, primitivo) llamada también *azoica* (sin vida). Está constituida por los terrenos más primitivos. La roca predominante es el *gneiss* y después el *micaesquisto*. El término azoico empleado por los geólogos de hace algunos años es inapropiado, pues las últimas investigaciones demuestran que en esta Era hay fósiles, no sólo en el terreno *Algonkino* (parte superior de los terrenos primitivos), sino también en el *arqueo* propiamente dicho. Por lo demás el gneis y el micaesquisto considerado antiguamente como vestigio de las primeras consolidaciones de los materiales ígneos, parecen tener origen sedimentario, como lo atestigua su estructura más o menos esfoliada. Bien pudiera ser que esas rocas, formadas en el fondo de los mares primitivos, hubieran contenido fósiles, pero el dinamometamorfismo o simplemente el metamorfismo mecánico provocado por el gran espesor de las capas (las hay de 20 kms. de espesor) habría hecho



Dib. de Rouquette.

FIG. 19. — *PAISAJE RESTAURADO DE LA ERA PRIMARIA*

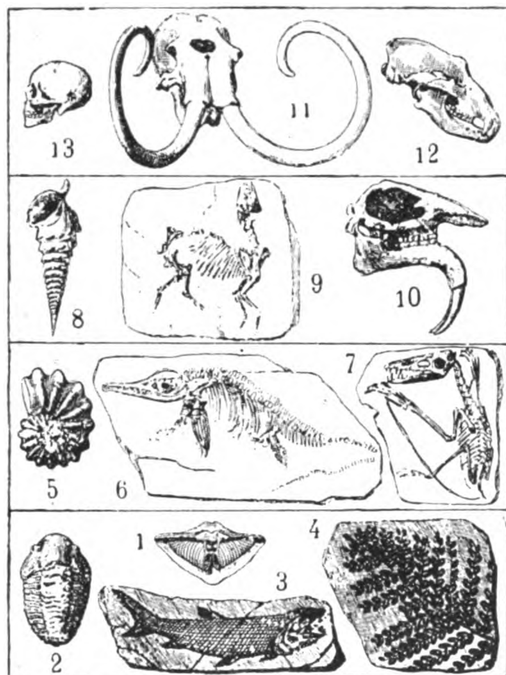
desaparecer todo vestigio de vida. Los naturalistas se inclinan actualmente a favor de esta suposición, en virtud de que la fauna descubierta en los cañones del Río Colorado, en E. E. U. U., que es la más antigua del mundo, presenta una gran evolución y todo hace suponer que fué precedida por otras formas más elementales [1].

Aparte del granito y del gneis, tan utilizados para las construcciones, la era arcaica encierra otros elementos muy estimados por la industria: el zafiro, el topacio, el amianto y el grafito.

ERA PRIMARIA O PALEOZOICA (del griego *palaios,* antiguo y *zoon,* animal). — Ya hay signos inequívocos de vida. Temperatura, todavía es muy alta, pero no tanto como para impedir el desarrollo de plantas y animales. Durante todos los tiempos paleozoicos no cesaron los desbordamientos, las invasiones y retirada de los mares sobre los

1. **¿Cuándo apareció la vida?** — Los hombres de ciencia abordan actualmente este problema con excepcional interés, "problema que contiene, de hecho, el origen de la humanidad" [**113**, pág. 64]. Durante mucho tiempo se creyó que una muestra de la primera manifestación de vida organizada estaba en los restos fósiles designados "Eozoon canadiense" donde parecía existir la impresión de un foraminífero o de un hidrozoario. Para algunas personas éste no sería más que un simple accidente mineralógico entre la serpentina y la calcárea del yacimiento donde fué encontrado [**37**, pág. 225], pero sea como fuere, el hecho es que las calcáreas mismas son de origen orgánico, lo cual hace suponer que existieron seres vivientes aun antes de la formación de aquel fósil. Por lo demás, cabe agregar que cada vez parece más difícil encontrar una capa geológica verdaderamente inicial, pues es muy probable que haya desaparecido todo vestigio con las convulsiones del material ígneo.

continentes. De ahí la gran abundancia de fósiles marinos. *Rocas detríticas,* gredas y esquistos depositados siempre sobre los terrenos arcaicos. Espesor, muy grande (18.000 metros, término medio). Consta de cuatro períodos principales.



(De "La Terre", por A. Robin).

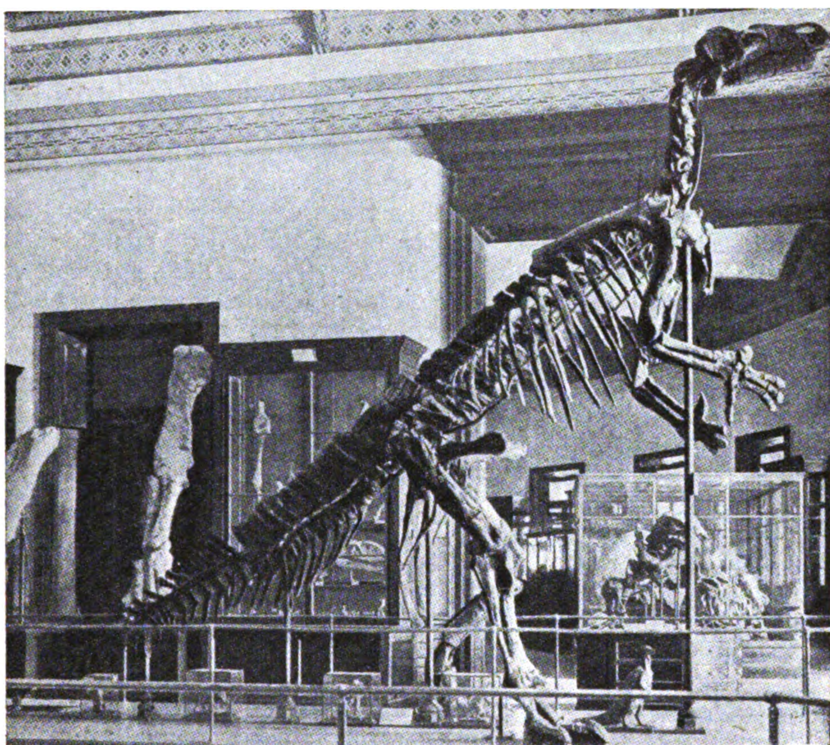
Fig. 20. — *FÓSILES CARACTERÍSTICOS DE LAS ERAS GEOLÓGICAS.* — Era Primaria. *1. Espirifer.* — *2. Trilobitas.* — *3. Paleoniscus.* — *4. Helecho.* — Era Secundaria. — *5. Amonita.* — *6. Ichthosaurio.* — *7. Pterodáctilo.* — Era Terciaria. — *8. Cerithe.* — *9. Paleoterio.* — *10. Dinoterio.* — Cuaternaria. — *11. Mammouth.* — *12. Oso de las cavernas.* — *13. Hombre.*

1º *Período Cámbrico.*—Fósiles en gran parte de origen marino, pues los mares cubrieron casi toda la superficie de la Tierra [1]. En los primeros tiempos no aparecen sino algunas huellas de anélidos que se han arrastrado por el limo, pero desde que el terreno se define, la fauna presenta seres diversos y de organización compleja: *braquiópodos, trilobitas* (cuyo cuerpo está dividido a lo largo en tres segmentos que acusan ya una gran evolución, fig. 20) *equinodermos, espongiarios,* etc.

2º *Período Silúrico.*—Gran acrecentamiento de la vida en los mares, aparición de los primeros vertebrados, de los peces ganoides, desenvolvimiento máximo de los trilobitas y, al fin, sobre los continentes, la aparición de insectos. Plantas terrestres al final *(licopodiaceas).* Los rayos solares — dice un geólogo — no alumbraban aún los peñascos ni herían la superficie de las aguas, porque la atmósfera era densa y la temperatura uniforme, sin clima ni estaciones.

---

1. **La vida empezó en el mar, según M. Quinton.** — "Entre las teorías modernas que se han formulado con el propósito de coordinar la historia del mundo orgánico, escogeré para someterla a la crítica, la de M. Quinton, teoría, según mi parecer, demasiado simplificadora y en muchos puntos discutible, pero de la cual se puede sacar más de una idea sugestiva. Consiste en admitir que la célula ha aparecido en un medio marino particularmente propicio, cuya temperatura era de 44º y la salobridad de 8 a 9 gramos por litro (en vez de la concentración actual de 33) y que desde entonces, la vida animal ha "tendido" siempre a mantener en cada ser el medio marino original, una especie de "acuarium", en medio del cual viven las células, habiendo tenido los seres cada vez en mayor escala, a medida que su tipo es más re-



Fot. del Museo de La Plata.

FIG. 21. — *IGUANODON. — Esqueleto existente en el Museo de Historia Natural de La Plata.*

3º *Período Devónico.* — Los *peces* — que han iniciado el orden de los vertebrados — son ya numerosos y probablemente se presentan los *batracios,* organizados para vivir en el agua y en la tierra. La fauna es una prolongación de la que caracteriza el terreno silúrico, por más de que en éste hayan desaparecido muchas especies y aparecido otras. En la flora, abundan los *helechos arborescentes* y *licopodiaceas.* Se encuentran ya depósitos de *antracita,* lo cual prueba la existencia de extensio-

ciente, la facultad de reobrar hacia el exterior contra el medio ambiente por "reacción térmica" y por "distensión osmótica" para reconstituir interiormente este medio inicial, adquiriendo de este modo una vida más acelerada. Los hechos positivos sobre los cuales se apoya esta teoría, son, en resumen, los siguientes: en primer lugar, la existencia, en los seres vivos, del medio salino, más o menos análogo al agua del mar, es un resultado experimental. Por ejemplo, én un hombre que pese 60 kilogramos existen 20 de agua de mar; se puede inyectar a un perro, el equivalente de su peso en agua de mar y se le puede sangrar por completo y reemplazar la sangre por aquel líquido en igual cantidad; y por último, se puede hacer vivir en el agua del mar, los glóbulos blancos de un animal cualquiera. En segundo lugar, si se estudian los animales en el orden de su aparición, se encontrará: en los invertebrados, hasta 33 gramos de cloruros; en los peces cartilaginosos (tipos antiguos) de 16 a 22 gramos; en los peces óseos (tipos más recientes) de 9 a 11; en los de agua dulce y en los vertebrados terrestres, de 6 a 8" [**41**, págs. 267 a 271]. Esta hipótesis ha sido enérgicamente rebatida por Le Dantec.

nes cubiertas de vegetación, lagos y pantanos. Las inyecciones de rocas eruptivas son raras.

4º *Período permo-carbonífero.* [1] — Poco extenso y profundo. Importante por las formaciones hulleras que contiene. Fauna: *políperos, braquiópodos, peces* y *anfibios.* Las plantas adquieren un desarrollo gigantesco y no dan muestra de período de reposo alguno; viven en permanente florescencia y crecimiento. Los tipos de esta flora eran iguales, tanto en el Ecuador como en las inmediaciones de los polos, lo cual indica que la forma de distribución del calor y de la luz era todavía uniforme. El proceso de la formación de la hulla es el mismo que observamos ahora en las turberas comunes. El terreno pérmico, propiamente dicho, contiene un mineral de cobre y de hierro, la *calcopirita,* que es muy explotado.

Durante esta formación tienen lugar en toda la esfera grandes calores que determinan la repartición de las tierras y de los mares, actividades precursoras de la Era Secundaria.

ERA SECUNDARIA O MESOZOICA (de *mezos,* intermediario y *zoon,* animales), la era de los animales intermedios en la evolución de la vida. Clima: fué cálido y húmedo y facilitó el crecimiento de los grandes reptiles y de los vegetales gigantes. Se divide en tres períodos:

1º *Período Triásico.* — Profundidad media de 700 mts. Grandes depósitos de *sal gema.* Fósiles: reptiles corredores o terrestres como los *dinosaurios;* marinos como los *ichtyosaurios* (de *ichtus,* pez y *saurio,* lagarto) y *plesiosaurio* (de *plesion,* parecido y *saurio,* lagarto) y los voladores como los *pterodactylos.* En general parecen los reptiles de este período, verdaderos tipos de transición. En Africa del Sur el *pereiosaurio* tenía a la vez caracteres de batracio, de pez y de mamífero. En el triásico terminan los goniatiles y orthoceras, característicos del período anterior.

2º *Período Jurásico.* — Espesor medio: 1000 mts. *arenas, calcáreas; margas,* etc. *Coníferas* y *algas.* Fósiles característicos: los saurios gigantes. El ichtyosaurio de 10 mts. de largo con cuerpo de pez, cabeza de lagarto, patas de cetáceo y cuello de serpiente de 15 metros. Tenía hasta 18 metros de alto. El *iguanodon* parecido a los actuales marsupiales (fig. 21) pero llegaba hasta 10 metros de largo. Aparición de las primeras aves con dientes y los reptiles voladores. Algunos geólogos calculan en 4000 las especies animales que vivieron en este período. Al final de este período el mar invadió los continentes.

---

1. Los geólogos modernos tratan de unir en una sola denominación el Permio y el Carbonífero, porque esta distinción estaba basada en insuficientes conocimientos de los animales del carbonífero. Por eso se ha propuesto el término **antrocolítico,** que no ha prosperado.



Dib. de Rouquette.

FIG. 22. — *PAISAJE RESTAURADO DE LA ERA SECUNDARIA. — Las rocas predominantes son constituidas principalmente por conchas marinas de profundidad (gres, cálizas).*

3º *Período Cretáceo.* — Potencia de 3000 m. Los reptiles toman proporciones gigantescas. Se ven equinodermos y aparece el primer cocodrilo. No hay ni aves ni mamíferos. Imperan, entre las plantas, las algas y coníferas. Como su nombre lo indica, los calcáreos son sus principales especies minerales (Fig. 20 - 5, 6 y 7).

ERA TERCIARIA O NEOZOICA. — Se prepara el relieve actual de la Tierra. En las masas continentales emergidas (Europa y América) los mamíferos placentarios adquirieron gran desarrollo. Los invertebrados, experimentan una verdadera regresión, por lo menos en algunas especies. Desaparecen los reptiles gigantes. Entran en decadencia los braquiópodos, y los foraminíferos tienden a un verdadero apogeo. Climatológicamente es más fría que la anterior. La era terciaria se divide en tres períodos, a saber [1] :

1º *Período Eoceno.* — Aparecen *mamíferos placentarios* y *cuadrumanus* (simios, etc.). La fauna marina se transforma: aparecen los cetáceos y los sirenianos, como productos de la evolución de los reptiles nadadores de la era anterior. Los *braquiópodos* entran en gran decadencia, pero los *foraminíferos* adquieren una importancia excepcional. Las palmeras, propiciadas por las altas temperaturas, crecen al

1. Clasificación de Lyell.

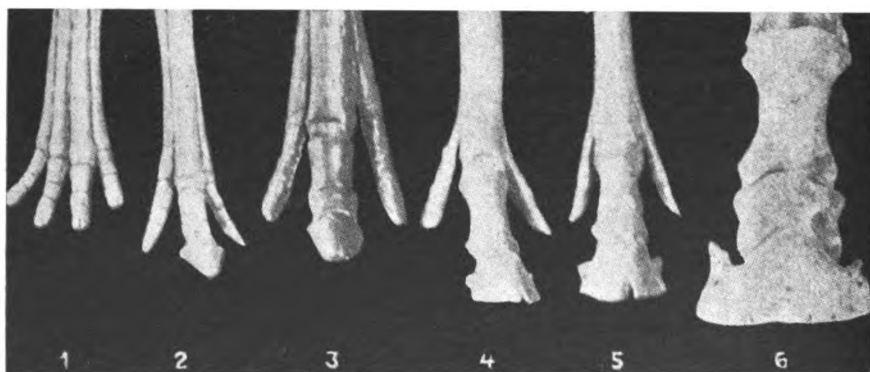
N. de Europa y de las Islas Británicas. Se levantan los primeros pliegues de las Montañas Rocallosas; luego los Pirineos y por último los Apeninos. Al final, la flora y la fauna se adaptan ya a los climas templados. Aparecen los antepasados de algunos de los animales actuales; muere el *paleoterium,* un tipo con huellas de tapir y de rinoceronte; un ascendiente del cerdo y del hipopótamo, el *antracotherium,* se manifiesta por primera vez en la tierra. Los pliegues de los Pirineos adquieren su mayor desarrollo y empiezan a formarse las capas más profundas de los Alpes.

2º *Período Mioceno.* — Los proboscidianos, el *Mastodonte* y el *Dinoterium,* aparecen y adquieren proporciones gigantescas (este último de 5 metros de alto y 6.50 de largo). El antepasado del caballo actual, el *hiparión,* y verdaderos *monos,* semejantes al gorila y al chimpancé actuales aparecen igualmente. En este período, se pliegan el Atlas, el Himalaya, los Alpes, los Cárpatos y los Balkanes.

3º *Período plioceno.* El clima es, al principio del período, muy suave. Es en el plioceno, que aparecen, en el septentrión de Europa los primeros avances de los hielos del polo. Acaso es en este momento cuando aparece el *caballo,* la *llama* y los desdentados gigantes de América del Sur. Hay *megateriums* y *gliptodontes.* (Fig. 20).

ERA CUATERNARIA O ANTROPOLÍTICA. — Algunos autores afirman que el *hombre* apareció a fines de la era terciaria (véase la parte relativa a EL HOMBRE). La mayoría consideran, sin embargo, que fué en la era cuaternaria. Por esta razón se le llama también *antropolítica.* Una parte de la era cuaternaria es el tiempo actual. La primera etapa de esta era constituye el

1º *Período Pleistoceno.* Depósitos de origen continental, glaciares



(Salvat, ed.)

FIG. 23. — *EVOLUCIÓN DEL PIE DEL CABALLO. — 1. Eohippus. — 2. Mesohippus. — 3. Miohippus. — 4. Merichippus. — 5. Hipparión. — 6. Equus caballus.*



Dib. de Rouquette.

Fig. 24. — *PAISAJE RESTAURADO DE LA ERA TERCIARIA.*

y fluviales, limos y turbas. La fauna no es más que la pliocena y la actual con algunas diferencias. Muchas especies de animales y vegetales, emigraron hacia regiones más cercanas al Ecuador, pues un violento enfriamiento se produjo entonces. Los hielos del Polo Norte llegaron a cubrir casi todas las Islas Británicas, Alemania y al S. E. se aproximaron al Mar Negro. América del Norte estuvo casi toda debajo del manto helado. Al finalizar el período, el retorno del calor hizo retroceder los hielos, provocando una sequía que originó una fauna y una flora nuevas. En el pleistoceno vivieron el *Cervus megaceros* (Irlanda) ciervo gigante de 4 metros de largo; el *Gliptodón*, mamífero acorazado que vivió en la región del Plata, de un par de metros de largo y el *Mammouth*, elefante primitivo que tenía la piel cubierta de pelo y los colmillos retorcidos [1].

2º *Período Hoceno*, cuyo carácter netamente prehistórico nos inclina a tratarlo en otro lugar.

La evolución de las especies. — Si como lo suponen Quinton y otros, la vida comenzó en los mares, se advierte que después de la vida oceánica sucedió otra cuyos representantes estuvieron organizados para vivir tanto en la tierra como en el agua. El ejemplo más interesante lo encontramos en los batracios que comienzan con branquias como sus antepasados los peces y adoptan

1. En Siberia se encontró últimamente, debajo de los hielos, un mammouth intacto, con las carnes en perfecto estado y hasta con los alimentos que había ingerido su aparato digestivo.

después la respiración pulmonar. Los insectos y los reptiles — dice Launay — (de quien entresacamos el orden de esta exposición, 41 pág. 272) son los primeros seres francamente continentales. De los batracios, cartilaginosos en un principio, se pasa a los reptiles carboníferos, cuyas vértebras por de pronto rudimentarias, se sueldan poco a poco. Más tarde, los reptiles pasan a ser mamíferos y aves. Los reptiles pasan a ser mamíferos al parecer por los *teromorfos* permotriásicos, que son reptiles carniceros y por los monotremos, que son mamíferos inferiores. En cuando el pasaje de reptil a ave, puede advertirse más claramente por los reptiles voladores, los *iguanodones*, cuyas extremidades traseras anuncian la de los pájaros; por algunos ejemplares de tortugas que tienen, como las aves, el pico córneo y, en último término, por los pájaros jurásicos con dientes como los de los reptiles. Una evolución análoga podría encontrarse observando el sistema dentario de los mamíferos y aún mismo entre las plantas.

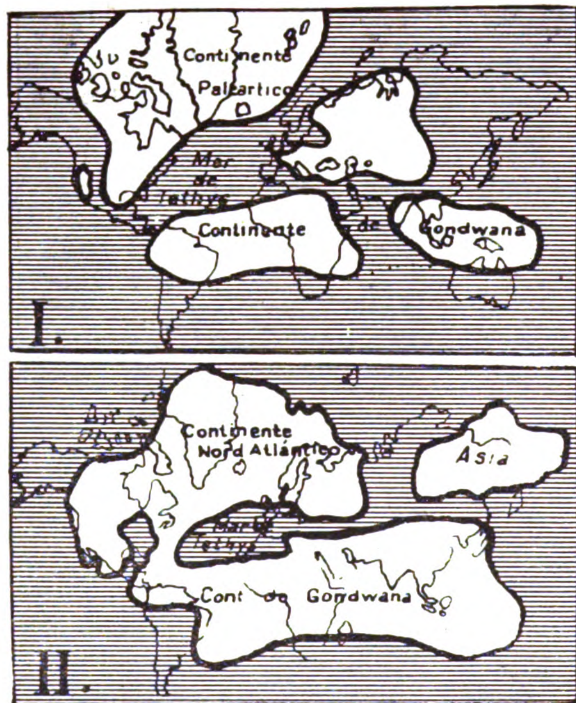


Fig. 25. — *ERA PRIMARIA.* — I. Período cambrico inferior. — *Cuatro grandes masas continentales.* II. *Periodo devónico inferior.* — *El continente de Gondwana se une a la masa continental Nord-Atlántica.*

PALEOGEOGRAFIA

Los fósiles y su respectiva ubicación en cada tiempo geológico han permitido entrever no ya las características físicas de cada momento de la evolución terrestre, sino también la forma que afectaban las masas continentales y la distribución de los mares. La *Paleogeografía*, trata de reconstruir por medios científicos, la geografía de los tiempos geológicos.

El primer diseño que acompaña esta descripción, corresponde a la iniciación de la Era Primaria y en él pueden reconocerse una gran masa continental que abarcaba toda la parte Norte y central del actual continente norteamericano hasta el Golfo de México, Groenlandia, las Tierras Articas, Islandia y el Archipiélago de Spizberg. Era lo que ha dado en llamarse el *Continente Paleártico.* Al Este de dichas tierras había otro continente más pequeño que abarcaba parte de lo que es ahora Europa y la mitad occidental del Asia. Entre ambos continentes había un mar alargado, al que se da el nombre de *Mar de Thetys* y el cual separaba a la vez los continentes ya citados del *Continente de Gondwana,* masa alargada de Oeste a Este y que comprendía todo el Norte de la actual América del Sur, el Atlántico ecuatorial, casi toda Africa, la Indochina y la Insulindia. Por la mitad de la Era Primaria *(Devónico)* esas formas han experimentado ya un cambio apreciable: Europa se une al continente que abarcaba Norte América y forma una península suya,

por lo cual no existe agua en la mayor parte de lo que es actualmente el Atlántico del Norte. Aparte de ello, un istmo une el Continente Nord Atlántico con el Continente de Gondwana y un mar — el *Mar de Obi* — separa a Europa de un nuevo continente surgido al Este de ella y que se prolonga por el oriente de la actual Asia hasta Kamtchatka y el Estrecho de Bering de nuestra geografía. El Continente de Gondwana se ha ensanchado por el Sur y abarca gran parte del sitio ocupado ahora por Australia. El Mar de Tethys forma una especie de Mediterráneo y en gran parte, con el Mar de Obi forman un verdadero canal.

En la *Era Secundaria (Triásico)* Europa se separa del Continente Nord Atlántico, formando el Canal de Shetland. Asia se une al resto de Europa y el Continente de Gondwana abarca toda América del Sur y sus adyacencias orientales, el Atlántico intertropical, Africa (con excepción del N. O.), el sitio ocupado ahora por el Indico y Australia y sus regiones inmediatas.

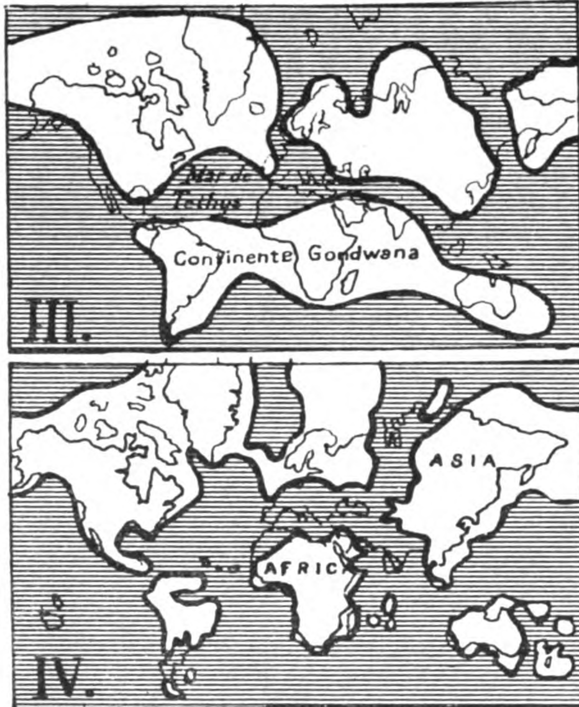


Fig. 26. — *ERA SECUNDARIA.* — III. Triásico superior. — *El Continente Gondwana abarca toda la América del Sur.* — IV. *ERA TERCIARIA.* — Terciario inferior. — *Los continentes empiezan a tomar la forma actual.*

En el comienzo de la *Era Terciaria* ya empieza a perfilarse la forma actual de los continentes. El continente de Gondwana se ha hundido en las partes correspondientes al Atlántico y al Indico. El continente de Norte América está unido por una lengua de tierra con Europa, y ésta está separada de Africa y de Asia que constituyen dos inmensas islas. El mar de Tethys, que había persistido a través de todas las eras, desaparece y todo se dispone de modo que pueda adquirir a través del resto del terciario y de la Era Cuaternaria la fisonomía que constituye la geografía actual. De esta rápida síntesis conviene destacar: 1º la permanencia del Océano Pacífico; 2º la ausencia, en el Atlántico actual de cadena montañosa alguna que indique sus antiguos bordes; 3º la gran homogeneidad de las tierras actuales comprendidas entre la Alaska y los Montes Urales; 4º el gran hundimiento del istmo que mantenía unido al Continente de Gondwana a través del Atlántico.

En páginas subsiguientes vamos a ver la importancia que tiene la historia del Continente de Gondwana para la explicación de la geología del Uruguay.



Dib. del autor.

FIG. 27. — *LOS ASCENDIENTES DEL HOMBRE.* — *Comparación anatómica de Huxley*: a) *gibón;* b) *orangután;* c) *chimpancé;* d) *gorila;* e) *hombre.*

EL HOMBRE

Conocida ya la evolución que ha precedido la formación de la corteza y el desarrollo de la vida a través de las capas geológicas, debe consagrarse algunas líneas a la procedencia del Hombre cuya acción sobre la Naturaleza, aprovechando sus formas o modificando su estructura, es un factor importante de la fisonomía del globo.

Origen de la especie humana. — Según Linneo, el Hombre es un mamífero del orden de los primates, del cual constituye el suborden de los *hominiens*. Los animales más parecidos al hombre son los monos superiores *(antropoides)* como ser el gorila y el chimpancé.

Los naturalistas están, sin embargo, en desacuerdo respecto de los orígenes del hombre, pues mientras unos, siguiendo a Lamarck y a Darwin, sostienen que las especies animales, como las plantas, tuvieron por origen las formas más simples, para adquirir luego, por sucesivas transformaciones, el perfeccionamiento actual de sus ejemplares superiores *(evolucionismo)*, otros, como los que siguieron a Cuvier, creen que el hombre, constituye un orden aparte y que no ha tenido antecesores *(creacionismo)*.

EL TRANSFORMISMO DE LAMARCK (1744 - 1829). — Para Lamarck, las especies derivan unas de otras, de suerte que las más sencillas engendran las más complejas. En esta transformación de las especies, el

medio ambiente tiene una influencia capital, pues actúa sobre los seres vivos y los obliga a adaptarse, creando costumbres que la herencia trasmite y consolida en forma de caracteres adquiridos. Estas ideas llevan a admitir la transformación del organismo por el hábito.

IDEAS DE CUVIER (1769 - 1832). — El naturalista francés Cuvier, tomando por punto de partida animales vertebrados de gran talla, sostenía la hipótesis de que las especies, una vez creadas por una voluntad superior, no sufren modificaciones. Estaba de acuerdo con las ideas que con respecto a las formas geológicas, sustentaba entonces el geólogo Elie de Beaumont, para quien, los distintos aspectos de la corteza terrestre, no son sino efectos de hechos repentinos o cataclismos *(catastrofismo)*. En cada período de la historia terrestre, una voluntad creó una especie y en otro período una segunda, porque la primera ya había sido destruída y así sucesivamente. Es, en suma, un criterio estático por excelencia.

IDEAS DE GEOFFROY SAINT-HILAIRE (1772-1844). — Geoffroy Saint-Hilaire, basado en los conceptos geológicos de Lyell, sostuvo que la evolución lenta de los aspectos terrestres, debían atribuirse a distintas y pequeñas causas que sumadas representaban grandes esfuerzos. Era, pues, el criterio dinámico, que por primera vez se exponía en una forma concreta y estaba llamado a tener una gran trascendencia.

EL TRANSFORMISMO DE DARWIN 1809 - 1882). — Veinte años después, Carlos Darwin, apoyado en la geología de Lyell, expone sus ideas acerca del origen de las especies [1]. Para él, dentro de una especie, puede haber una gran variedad y esta variedad manifestarse ya en un sentido favorable, ya en un sentido desfavorable para la conservación de la especie. Cuando esta variación es favorable, el individuo, trata de imponerse en la lucha por la vida. Las liebres más ligeras son las que escapan del cazador y de los lebreles y su descendencia hereda las condiciones de sagacidad y ligereza que pusieron en salvo a sus predecesores. Los menos aptos, perecen; los más aptos, por selección natural, sobreviven *(supervivencia del más apto)*. Estos caracteres favorables, adquiridos por herencia, se fijan y persisten *(herencia de los caracteres adquiridos)*. El mono, obligado en la selva a desplegar inteligencia para librarse de las fieras tan ágiles como él, concluyó por robustecer su cerebro y constituir el ascendiente del hombre.

NEO - LAMARCKIANOS Y NEO - DARWINIANOS. — Los neo - lamarckianos, con el filósofo francés Le Dantec al frente, dan una importancia capital al factor medio ambiente, pero no admiten la selección natural. Los neo - darwinianos, por su parte, niegan la herencia de los caracteres adquiridos y dan una mayor importancia a la selección natural, hasta el punto de admitir que debido a ella las especies pueden

1. "El origen de las especies", apareció en 1859.

transformarse en otras. Por lo demás, algunos autores, creen en la existencia de un nuevo factor de selección, llamado *selección sexual,* y que tiende al predominio de los individuos más bellos y fuertes. Otros naturalistas hablan, como Roux, de *selección histonal,* conceptos que no caben en una obra como ésta.

LA SELECCIÓN ORGÁNICA. — Neo-lamarckianos y neo-darwinianos, han logrado ponerse de acuerdo admitiendo la *selección orgánica,* que acepta la acción del medio externo sobre el organismo y del medio interno sobre las células, acción que se ejercita sobre todo, durante el crecimiento.

Apoyo de la Paleontología. — Para apoyar a los partidarios de la evolución de las especies y del mono como antecesor del hombre, o bien para sostener que el hombre no ha tenido antecesores [1], los sabios buscan afanosamente en las capas geológicas el vestigio de los primeros hombres, ya sea en forma de huesos o impresiones, ya en restos de su industria, si la tuvieron. Hay que decir, sin embargo, que los elementos que hasta ahora ha dado la ciencia paleontológica son muy escasos y que ellos no llegan a aclarar, de un modo definitivo, las dudas que sugieren [2].

1. **Los creacionistas,** o sean los que sostienen que el hombre no ha tenido antecesores y que, por lo mismo, no desciende del mono, hacen notar que todo lo que se afirma respecto de este parentesco está basado en la semejanza. Pero la semejanza, dice Le Beffe, sólo demuestra que existe semejanza... Nadie niega que el hombre tiene un organismo muy parecido, en muchas cosas, al de los animales; que somos semejantes a ellos y que tenemos órganos semejantes. Si nosotros y los animales, tenemos sangre que ha de ser oxigenada, tenemos que tener, nosotros y los animales (porque lo necesitamos) un órgano destinado a esa oxigenación, que son los pulmones. Si nosotros y los animales tenemos un sistema o una clase de tejidos que ha de ser rejuvenecido y renovado por una corriente de sangre en continua circulación, entonces nosotros y los animales precisamos un órgano para impelerla, que es el corazón. Lo mismo pudiera decirse en cuanto a los otros órganos. Pero ¿existe, én realidad, tal semejanza? Ante todo ¿la semejanza es de gran importancia? Sí, si se mira superficialmente y no se quiere ver más allá. Pero si se presta mayor atención ¿se puede encontrar tal semejanza? Como ya lo hizo notar St. George Mivart, no existen especies de monos que sean realmente semejantes al hombre, sino que el orangután se le parece en una cosa y el chimpancé en otra y el gorila en otra y así sucesivamente con diferencias sorprendentes. Por lo demás, los creacionistas han acumulado otros argumentos en contra del evolucionismo: los fósiles encontrados, son todavía muy escasos para sentar una opinión. El hombre de Trinil es una pura ficción: la cabeza es de un mono, el fémur encontrado cincuenta pies más lejos, es de un hombre y ninguno de los dos dientes pertenecen a ese cráneo. En cuanto al hombre de Heidelberg es medio por ciento de mandíbula original y noventa y nueve y medio por ciento de restauración. En cuanto al cráneo de Neanderthal se ha opinado: que perteneció a un hombre idiota (Blake, Vogt, Hoelder, Zittel); que era un antiguo celta; que era un viejo holandés, un viejo de Friesland, y, por último, un cosaco mongol del año 1814. Que el valor científico atribuído a la capacidad craneana es nulo: el cráneo más grande hasta ahora encontrado es el de un salvaje de Nueva Bretaña con 2010 centímetros cúbicos, más grande que el Bismark, 507 c. cúb. más grande que el del cerebro normal masculino de Europa Central... (Según **Le Beffe**).

2. **¿El mono es una degeneración del hombre?** — Modernamente se ha emitido esta opinión interesante. Basados en que el hombre de Heidelberg y el de Piltdown — que pertenecen a la parte inferior del Pleistoceno — tienen caracteres humanos, y el de Neanderthal, del Pleistoceno Medio, caracteres de mono, se ha creído que el mono es la degeneración del hombre. El hombre primitivo pudo seguir dos caminos: el que consultaba las leyes biológicas para la prosperidad de la especie y el que no las consultaba (uniones carnales entre padres e hijos, etc.). En este último caso habría llegado a la bestialización.

Hace ya muchos años, el profesor inglés Huxley, en su obra titulada "La situación del hombre en la Naturaleza", dió a conocer un dibujo, — muy divulgado ahora — en el que se hace una comparación anatómica entre los monos antropoides y el hombre, a objeto de demostrar como se corresponden hueso a hueso unos y otro. El diseño de la fig. 27 inspirado en dicho dibujo de Huxley, es en realidad impresionante. Puede verse en él cómo el agujero occipital, donde la médula espinal sale del cerebro, está en el hombre más cerca de la frente que en los monos; cómo la curvatura del espinazo del hombre, en forma de S, difiere de la del mono y cómo los huesos de la pelvis del hombre forman un soporte para sus intestinos cuando está erguido [*143*, página 49]; pero ninguno de estos detalles nos aparta de la analogía que se descubre en el conjunto de los esqueletos que allí figuran y que parecen testimoniar las ideas evolucionistas y transformistas de que antes se ha hablado. Los naturalistas no se conforman, como es lógico, con las impresiones y buscan la comprobación en los detalles. Por ejemplo: el hombre para caminar lo hace apoyándose sobre el dedo mayor del pie y el talón; los monos lo hacen de un modo muy distinto: el mandril, anda con los pies de plano y los tres grandes simios sobre la parte externa del pie. Los únicos animales que caminan como el hombre son los lemures, esos animales de Madagascar con manos de mono y hocico puntiagudo, de los que se ha dicho que "viviendo en una gran isla, geológicamente muy antigua, vestigio de un continente desaparecido, han conservado casi el tipo de un antepasado de la especie humana" [*57*, pág. 137]. Los grandes simios viven en las selvas y gustan más trepar por los árboles que marchar por el suelo; el hombre, en cambio, por la facilidad con que marcha, revela una larga ascendencia de caminadores.



(Fot. Boyer).

FIG. 28. — *Cráneo del homo primigenius.*



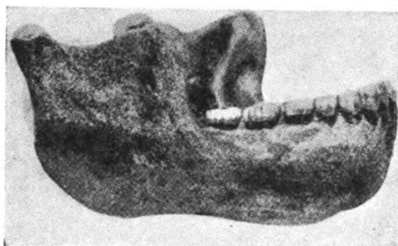
(Fot. Boyer).

FIG. 29. — *Calota craneana del Pithecantropus Erectus.*

El hombre terciario. — En 1891, el naturalista holandés Dubois encontró en Trinil (Java), una calota craneana, dos molares y un fémur (fig. 29) que por sus caracteres podían confundirse con restos

de un hombre o con los de un *gibón*. La capacidad craneana no correspondía a la del hombre — que término medio es de 1400 centímetros cúbicos — pues era menor que la de éste y mucho mayor que la de un mono. Analizado el terreno donde fueron hallados esos restos, creyó Dubois que perteneciera a la Era Terciaria, de lo que algunos pudieron colegir que se estaba ante los restos de un antecesor del hombre, del suspirado tipo de transición de Darwin. Estudios posteriores demostraron, sin embargo, que el terreno era cuaternario y que Dubois tenía razón cuando dudando de la condición terciaria de aquellos huesos, juzgó que pertenecían a un *Pithecanthropus erectus*, es decir, a un "mono de figura humana que camina".

Pero ¿vivía ya el hombre, en la Era Terciaria? En la República Argentina Florentino Ameghino, halló no sólo instrumentos sino esqueletos humanos en terrenos de formación pampeana (Miramar) que clasificó de terciarios, contra la opinión de Burmeister, Roth y Vogt, para quienes eran simplemente cuaternarios. Pero a pesar de ésto, los paleontólogos argentinos han persistido en las ideas de Ameghino. El hermano de éste, Carlos Ameghino, director de la sección geológica del Museo de la Plata, ha proseguido esos trabajos y últimamente una comisión de geólogos compuesta por éste, el Dr. S. Roth, el Dr. Walter Schiller, el ingeniero M. Kanton, el Dr. Lutz Witte y el Dr. Keidel declaró que los terrenos en cuestión, típicamente terciarios, contienen trozos más o menos grandes de tierra cocida y escorias, objetos e instrumentos de piedra.



(Fot. Schotensack).

Fig. 30. — *Mandíbula del homo de Heidelberg.*

Por otra parte, según los geólogos modernos nada se opone a que exista el hombre terciario, pero el caso es probar que los vestigios encontrados pertenezcan realmente a hombres que vivieron en aquellas épocas geológicas y no a posteriores que los hayan enterrado o bien que los terrenos sean realmente terciarios.

El hombre cuaternario. — Pero así como puede discutirse la existencia del hombre terciario, no caben dudas respecto a la aparición del hombre en las primeras etapas del cuaternario.

El documento más antiguo de la historia del hombre cuaternario fué encontrado en 1907, a 10 kilómetros de Heidelberg, debajo de una capa de loeso y de arena a 24 metros de profundidad. Es una mandíbula que si bien difiere de las mandíbulas de los hombres actuales en que es mucho más maciza, no puede ser de mono porque los dientes son perfectamente humanos. El hombre a quien perteneció ella, llamado Hombre de Heidelberg *(Homo o palœanthropus Heidelbergensis)*, debió te-

ner grandes dificultades para articular las palabras pues la mandíbula es muy estrecha posteriormente. Debió tener una gran musculatura — a juzgar por los utensilios hallados en el mismo terreno — y el cuerpo cubierto de pelos. Eran contemporáneos del hombre de Heidelberg, los elefantes, los rinocerontes, el bisonte y el tigre y empezaba a extenderse el león por el continente europeo. "Pero qué pobres documentos osteológicos! — exclama Eugene Pittard — [*115*, pág. 67]. El hombre de Heidelberg, es casi todo una deducción".

El segundo documento en antigüedad fué encontrado en Piltdown (Inglaterra). Es más revelador que el de Heidelberg, pues se trata de un cráneo completo. Fué expuesto a la ciencia en 1912 por una Comisión de la Sociedad Geológica de Londres.

Es un cráneo grueso, más grueso que el de cualquier hombre viviente. Le llamaron *Eoanthropus*, es decir, "el hombre en su aurora". Su capacidad craneana es intermedia entre la de un hombre y la del Pitecanthropus de Java. Pero junto a este cráneo se encontró una mandíbula y entonces empezó la perplejidad de los sabios. ¿Era del *Eoanthropus?* ¿Era de un chimpancé? El Dr. Keith, autoridad indiscutible en estos asuntos, ha dado la última palabra: pertenece al cráneo del Eoanthropus, pero no cree que pertenezca éste a un ascendiente directo del hombre, pues debió ser un mono marchador subhumano, más inteligente que el mono, pero cuyo parecido con el hombre es del mismo grado que el orangután con el chimpancé. El hombre de Heidelberg, debió vivir 550.000 años atrás, en el Pleistoceno inferior. El de Piltdown, 100.000, en la última etapa, de dicho período.

Los terrenos que siguen a los que guardaban estos cráneos, no ofrecen, por muchos siglos, más que utensilios, armas, etc., cada vez más perfectos.

Cincuenta mil años atrás de nosotros, en el Pleistoceno Medio, vivió otra especie, representada por el llamado *Hombre de Neanderthal,* de cráneo alargado, deprimido y saliente en la parte posterior, frente provista de enormes arcos orbitales que recuerdan al Pitecanthropus erectus. La cara considerablemente saliente y una fuerte depresión ósea entre la frente y la nariz. En este hombre, predominaba la cara sobre el cráneo, al revés de las razas superiores donde nos es posible advertir una disminución de la cara a medida que se acrecientan sus facultades cerebrales. Tenía las piernas cortas, el fémur arqueado y las extremidades muy grandes. Su aspecto de bestialidad debió, pues, ser muy grande, de suerte que ninguna de las razas actuales se le puede comparar.

Para algunos autores, el hombre de Neanderthal debió tener por predecesor al de Heidelberg. Causas climatológicas, relacionadas con el avance de los hielos polares, hicieron desaparecer la raza del *Homo Neanderthalensis,* que prevaleció en Europa por lo menos unos doce mil años.

En el Pleistoceno superior, aparecen, acaso con procedencia de Asia,

Norte de Africa o de regiones actualmente sumergidas del Mediterráneo, los primeros hombres propiamente dicho, o sea el *Homo Sapiens*. Este tenía la caja craneana, las manos, dientes y cuello perfectamente humanos. En la actualidad se conocen dos tipos de estos hombres (de *Cro - Magnon* y de *Grimaldi)*, cuya aparición significa un verdadero progreso para la humanidad. La vida de estos hombres ha sido perfectamente deducida de su industria y su descripción entra ya en el terreno de la Historia.

Mr. Osborn, director del Museo Americano de Historia Natural, ha expresado en su obra "Men of Old Stone" (Los hombres de la Edad de Piedra), algunas ideas relativas al origen del hombre.

"La evolución del tipo hombre — dice — fué paralela a la de los antropoides y, sin duda, la cadena de sus antecesores se remonta a dos millones de años por lo menos". Para él, el hombre no desciende de ningún tipo simiesco. Al hombre de Neanderthal, sucedió el hombre de Cro - Magnon, los cuales fueron a su vez vencidos por otra raza menos inteligente llegada de oriente.

Para Osborn, los vascos son descendientes directos del hombre de Cro - Magnon cuyo idioma conservan en parte. Para otros autores, los Guanches de las Canarias, tendrían iguales ascendientes.

Cuanto antecede, parece demostrar que una vez aparecido el hombre, sean cuales fueren sus predecesores, su progreso ha sido por transformaciones; que cada raza ha tenido un período de infancia, de desenvolvimiento y de decrepitud hasta llegar a la muerte. A este respecto puede decirse que la ciencia no ha podido demostrar que la naturaleza tenga siempre una dirección ineludible hacia el progreso. Si bien es cierto que los tipos superiores proceden de los inferiores, no es menos cierto que en muchas ocasiones el desenvolvimiento es regresivo y que cuando es progresivo suele presentarse con intervalos.

FORMA Y DIMENSIONES DE LA TIERRA

En las páginas precedentes hemos dado un vistazo al nacimiento y desarrollo de la Tierra, determinando sus orígenes y sus aspectos del pasado, "es decir, cómo fué". Ahora nos proponemos dar una idea de "cómo es", presentando su actual fisonomía [1].

FORMA DE LA TIERRA

El concepto de la forma de la Tierra ha sido adquirido en tres etapas:

1ª **Aproximación. — Forma esférica.** — *Primera prueba de la redondez de la Tierra: convexidad de los mares.* — Toda superficie convexa vista desde un punto exterior O, presenta un contorno aparente que es la línea de contacto de un cono circunscrito de cima O (fig. 31). Desde luego, esa línea divide una zona visible y otra invisible y a ella se denomina *horizonte sensible.* Cuanto más alto esté el punto O, más amplio será el círculo descripto por el horizonte. En el mar, donde no hay irregularidades de la superficie que impidan ver los objetos, el horizonte sensible se presenta completamente circular y su centro está ocupado por el observador. Cuanto más porción de mar se quiere ver, hay que subir más alto. Por eso el

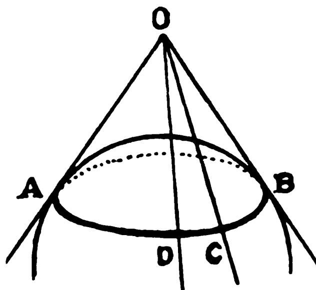


FIG. 31.

---

1. **Evolución de las ideas respecto de la forma de la tierra.** — Las primeras ideas relativas a la forma de la Tierra tuvieron su origen en Egipto y en Grecia. Los pueblos más antiguos creían que tenía la configuración de un disco, en medio del cual se hallaban y que sus límites estaban constituídos por un ancho río infranqueable para los hombres. Los egipcios imaginaron que del otro lado del río había cuatro montañas cuyas cimas hacían las veces de columnas para mantener la bóveda del cielo *. Los griegos, conocedores del Epiro, de Tracia, del Sur de Asia Menor, Fenicia y costas de Libia, no podían aceptar esta limitación y concibieron un mundo mucho más vasto. Homero, en efecto, para quien la Tierra era plana, relata que a la vuelta de Troya el barco de Menelao fué llevado tan lejos por la tempestad que para volver de ella, los pájaros mismos necesitaban más de un año. Los filósofos de la escuela jónica fueron los primeros en concretar ideas a este respecto. Para Tales "la Tierra flotaba sobre el agua como un barco" [**25**, pág. 45]. "Heredero de los conocimientos astronómicos de los egipcios y de los babilonios, proclamó la redondez de la Tierra que nuestra Edad Media habría de poner más tarde en duda" [**86**, pág. 4]. Los discípulos de Tales, concibieron, sin embargo, ideas muy extrañas respecto de la esfericidad del planeta. La Escuela Pitagórica, volvió a afirmar la redondez y, se puede decir, que, a partir del siglo IV antes de J. C. ya es ésta una noción que se acepta casi sin excepciones. **

* Los estudiantes de Historia Universal pueden consultar con provecho un dibujo reconstructivo de estas ideas hecho por Maspero, y que reproduce Bigourdan en su libro "La Astronomía".

** Obsérvese el esfuerzo intelectual que esta representación requiere, sabiéndose que entonces, la mayor parte de la Tierra era desconocida.

marino explora el horizonte desde los palos más altos. Si la tierra no fuera esférica, el horizonte no se presentaría siempre circular. Por la misma razón el barco que se aleja o se aproxima a una costa, va desapareciendo o apareciendo por partes, en lugar de esfumarse en la lejanía a donde alcanza nuestra vista, como ocurriría si la Tierra no fuera esférica [1].

Segunda prueba de la redondez de la Tierra: los eclipses. — Durante los eclipses de Luna, la sombra que proyecta la Tierra sobre la Luna es circular. Una esfera da siempre una forma cónica, cualquiera que sea la parte de donde provenga la luz, y esta sombra se vuelve visible en contorno circular, cuando es cortado transversalmente [2].

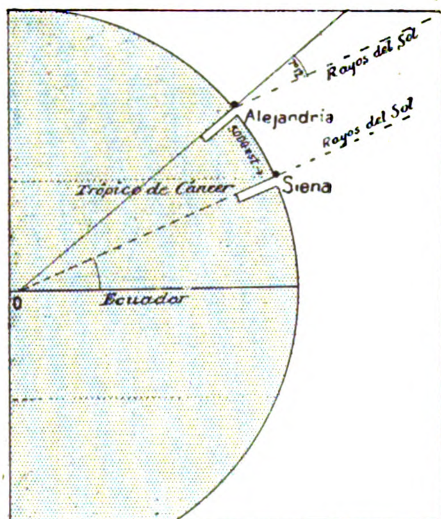


Fig. 32. — *MEDIDA DE LA TIERRA POR ERATÓSTENES.*

Tercera prueba de la redondez de la Tierra: variación de la altura del Polo. — Si después de haber visado una estrella cualquiera — Alfa del Centauro, por ejemplo — emprendemos un viaje hacia el N., comprobamos que cada vez está más abajo con respecto al horizonte. Si hubiéramos determinado el Polo, notaríamos igual fenómeno. Admitiendo un eje celeste fijo y una Tierra en forma de disco, la altura del Polo tendría que permanecer invariable por más que nos desplazáramos hacia el N. o hacia el S. [3].

Cuarta prueba de la redondez de la Tierra: depresión del horizonte. Con un anteojo de eje rigurosamente horizontal, situado, por ejemplo, en la cima de una montaña y dominando el mar, es posible ver el horizonte. Pero para verlo, es necesario hacer descender el anteojo en un ángulo dado, al cual los astrónomos llaman *depresión del horizonte.* Repitiendo esta operación en cualquier punto de la Tierra, la depresión del horizonte es *casi igual,* lo cual prueba que la Tierra tiene forma sensiblemente esférica.

---

1. Esta fué la prueba de la redondez de la Tierra que percibieron primero los antiguos. STRABÓN hace notar este hecho.

2. Prueba en que se apoyaba Aristóteles (384 - 322 antes de J. C.).

3. Esta prueba fué también deducida por Aristóteles, quien la menciona en "De Cœlo", cap. 14 pág. 14.

Quinta prueba de la redondez de la Tierra: la circunnavegación. — Desde que se han podido hacer viajes alrededor de la Tierra en todos sentidos, se puede manifestar que es redonda e aislada por todas partes.

2ª **Aproximación.** — **FORMA ELIPSOIDAL DE LA TIERRA.** — Las pruebas de la redondez de la Tierra a que hemos hecho mención, no eran sino avaluaciones de conjunto, puramente aproximativas. Para conocer su verdadera forma fué necesario medirla.

Medida de Eratóstenes. — Eratóstenes (275 - 195 a. J. C.) había observado que en Siena (hoy Assuan) localidad que él suponía situada en el mismo meridiano que Alejandría, el Sol, en la época del Solsticio de Verano, al llegar al zenit caía en el fondo de los pozos. En Alejandría, por el contrario, lo hacía con una inclinación de 7º 12′. Ahora bien: medidas anteriores, permitían apreciar la distancia de Siena a Alejandría en 5000 estadios[1], y siendo 7º 12′ las cincuenta avas partes de la circunferencia, multiplicó los 5000 estadios por 50 y obtuvo 250.000 estadios, que en medidas modernas arroja unos 40.500.000 metros, cifra muy próxima a la real, (40.054.000) si se tiene en cuenta los instrumentos imperfectos con que tuvo que actuar [*151*, Tomo I, pág. 118 y sig.] (fig. 32).

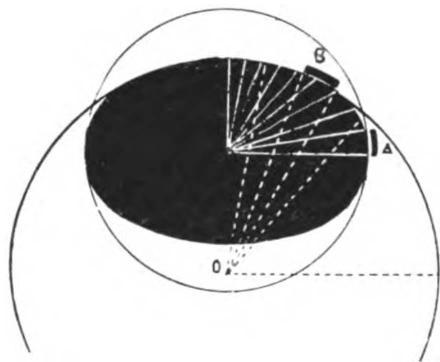


FIG. 33. — *Demostración gráfica del crecimiento de la longitud de un grado de meridiano a medida que se aproxima al polo.*

La ciencia que trata de la forma exacta de la Tierra, se llama *Geodesia.* Hay otros dos procedimientos para determinar la forma exacta de la Tierra: 1º *El Método Geométrico;* 2º *El Método Físico.*

I. — MÉTODO GEOMÉTRICO.

Las explicaciones anteriores definen la Tierra como un cuerpo completamente esférico. Si la Tierra fuera, en efecto, esférica, todos sus arcos de meridianos tendrían la misma longitud. Pero las medidas exactas de la longitud de los meridianos, han demostrado que no son iguales en todos los lugares del globo.

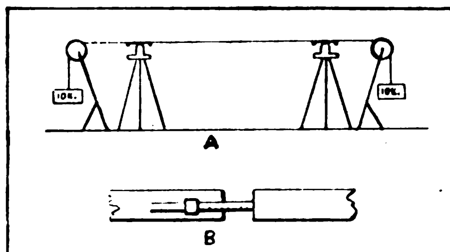
Arco de un grado. — Puesto que el Polo Celeste desciende a me-

1. El arco empleado — en la medida de Siena a Alejandría — fué avaluado en 5000 estadios "aun cuando se ignora cómo". Sólo se sabe que Alejandro Magno y después los Ptolomeos, como lo habían hecho los babilonios y como lo hicieron más tarde los romanos, sostenían medidores especiales, "andadores", para medir los caminos de su propiedad. Los "bematistas" de Alejandro se hicieron célebres, y se citan dos de estos ingenieros, Betón y Dioñete, que le acompañaban, levantando planos, midiendo distancias... Resulta, pues, que las distancias de una población a otra eran conocidas en Egipto, y así pudo Eratóstenes, fácilmente fijar la distancia de Siena a Alejandría, tanto mejor cuanto que su empleo de director de la Biblioteca, le daba medios de consultar toda clase de documentos [25, págs. 152 y sig.].

dida que nos aproximamos al Ecuador y si como se demuestra en cosmografía, la *latitud de un lugar es igual a la altura del polo sobre el horizonte,* es evidente que si recorriendo la tierra de S. a N. — por ejemplo — el Polo ha descendido un grado, es que nosotros hemos recorrido también sobre la superficie terrestre, un *arco de un grado de meridiano.* Luego:

Arco de un grado, es la porción de un meridiano que tenemos que recorrer, para que la altura del polo descienda un grado.

La Tierra tiene aplastados los polos. — La Tierra no es enteramente esférica. Las medidas de distintos arcos de un grado de meridiano han demostrado que:



(Según Moreux).
FIG. 34. — A, *Alambre invar.* — B, *Regla metálica para triangulación.*

Los grados de meridiano son mayores a medida que marchamos del ecuador hacia los polos.

Esto se debe a que los aplastamientos polares parecen pertenecer a una circunferencia mayor. La fig. 33 demuestra mejor que las palabras cuanto acabamos de decir.

Cómo se mide un arco de meridiano. — La dificultad de los que primeramente se propusieron medir la Tierra por medios directos, consistía en la imposibilidad de emplear, en las operaciones, elementos materiales que no sufrieran alteraciones por las condiciones climatológicas o que, permitieran la juntura de las reglas, etc., sin acusar por ello diferencias muy grandes. Un error pequeño, en efecto se multiplicaba grandemente debido a las enormes extensiones a medirse.

El abate Picard, tomando como base el método de Snelius (1617) y complementándolo para su mayor exactitud matemática, hizo en 1669 una medida de arco de meridiano, obteniendo el valor de 57.060 toesas.[1]

Pero las medidas de los arcos daban datos discordantes. Si dos arcos elegidos estaban, por ejemplo, muy próximos, las diferencias eran mínimas. Si por el contrario, estaban separados las diferencias eran mayores.

1. **La primera medida de la Tierra,** fué la de Fernel, médico del Rey de Francia Enrique II. Habiendo tomado la altura del Sol en París, buscó un lugar, a lo largo de un meridiano, en el que aquella altura tuviera un grado de diferencia. Ese punto fué la ciudad de Amiens. Tomando en seguida un contador de vueltas, lo colocó en una rueda de su carruaje y así recorrió la distancia establecida entre las dos ciudades. Cosa curiosa: aun cuando las desigualdades del camino fueron avaluadas, según se afirma, a ojo, Fernel obtuvo en esa operación tan poco científica, un resultado muy análogo al que obtuvieron después Lecaille y Delambre, pues mientras el primero calculó el meridiano terrestre en 57.099 toseas (5 kilómetros menos que lo real) los últimos lo avaluaron en 57.068. La obra de Fernel fué publicada en 1528.

En 1720, Cassini II publicó los resultados obtenidos con la prolongación del arco de Picard hasta Dunkerque y se inclinó a sostener que los grados disminuían en dirección al Polo, vale decir, que sostenía la hipótesis de que los polos presentaban un alargamiento. Estas conclusiones, abiertamente contrarias a las ideas de Newton, originaron, en la Academia de Ciencias de París, una polémica entre cassinistas y newtonistas que terminó con el nombramiento de dos comisiones geodésicas, encargadas de medir, una, un grado de meridiano en el Perú, y la otra en Laponia [1] (1735 - 45). He aquí los resultados obtenidos:

	Valor del grado	Latitud media
En el Perú (Godin, Bouguer, La Condamine [1])	56.753 toesas	1° 51
En Laponia (Maupertius, Clairaut, Celsio, etc.)	57.437 »	66° 20′ 10″

La duda, pues, estaba disipada: la Tierra presentaba un aplastamiento polar.

Para efectuar la medida exacta de un arco de un grado de meridiano es preciso recurrir al procedimiento de Snelius o sea a la triangulación. Consiste éste en elegir, a un lado y otro del arco que se desea medir, una serie de puntos elevados (torres, campanarios, etc.) de suerte que puedan verse mutuamente. Tomando como estación estas prominencias, se dirigen con el teodolito punterías hasta formar una red de triángulos tal como puede verse en la fig 38 de la cual nos valdremos para sintetizar la explicación. Sea, en efecto, el arco A B, cuyo largo se desea medir. A un lado y otro del meridiano se fijan los puntos elevados C, D, E, F, G, H, etc. Con la mayor exactitud se procura medir la *base* A C. para lo cual se emplean reglas metálicas o el alambre *Invar* [2]. Con el teodolito se miden los ángulos *A C*, tomando como



(De "Le Ciel", de Berget).

Fig. 35. — *EL ABATE PICCARD, creador de la geodesia (1620 - 1682).*



(De "Le Ciel", de Berget).

Fig. 36.

MAUPERTIUS (1698 - 1759)

1. En 1910 se midió un arco de meridiano en Spitzberg por sabios rusos y suecos.

2. **El Invar.** — En la medida del arco de meridiano entre Dunkerque y Barcelona, Mechain y Delambre utilizaron para la precisión de sus operaciones reglas metálicas con lengüetas que deslizándose sobre un ojal, daban el valor de los intervalos entre aquéllas. Pero las dilataciones de las reglas por la temperatura no podían así apreciarse y entonces Borda y Lavoisier idearon la regla bimetálica, hecha de platino y de cobre, con lo cual se disminuyó bastante el error. Más tarde,

punto de mira a *D*. Como cuando en un triángulo se conocen la longitud de un lado y el valor de los dos ángulos adyacentes es posible determinar, por cálculo, el largo de los otros dos lados, estamos, pues, en conocimiento perfecto, mediante aquellos elementos, de todo el triángulo *A C D*. Ahora bien: como el lado *C D* es parte del triángulo *C D F* y ya conocemos su largo, determinando sus ángulos, podemos calcular los otros dos; es decir *D F* y *C F*. Obsérvese que este último es el elemento que faltaba conocer del triángulo *C E F* para poder deducir los lados *C E* y *E F*. De igual modo podrían calcularse todos los triángulos. Ahora bien: conocidos todos los triángulos se puede calcular la longitud del arco de meridiano que se deseaba medir, pues en él, las secciones interceptadas por éste forman nuevos triángulos igualmente resolubles y la suma de todos los trozos dan el total que se quería buscar. Es imprescindible, después de haber resuelto el último triángulo volver hacia atrás para llegar a la primera *base*. Es esta una comprobación que exige la seriedad del trabajo efectuado.

Esta reseña, no da, sin embargo, idea de las grandes dificultades que ofrece la realización de esta operación. Cuando la triangulación se utiliza para levantar el plano de una región pequeña, en la cual no influye mayormente la curvatura de la Tierra, se dice que es una *triangulación topográfica*, y su realización es relativamente más sencilla, pero cuando ha de hacerse la de una gran extensión, teniendo en cuenta dicha curvatura, entonces se llama *triangulación geodésica*.



(De "Le Ciel", de Berget).

FIG. 37.

BOUGUER (1698 - 1758)

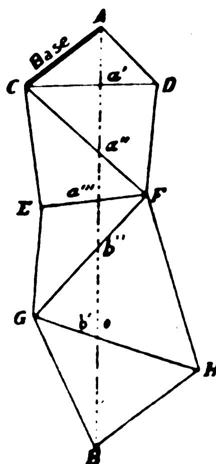


FIG. 38.

TRIANGULACIÓN

En el método de la triangulación está basado todo trabajo topográfico serio. Nuestro país, siguiendo a los otros países civilizados, está construyendo actualmente su plano topográfico apoyado en red de triángulos. [1]

---

en 1883 se emplearon hilos metálicos sometidos a determinadas tensiones. El invento de un metal invariable a las temperaturas ordinarias — "invar" — compuesto de acero y 36 % de niquel, hecho por M. Guillaume, hizo más rápidas las operaciones. Consiste éste en un hilo de 24 metros de largo, sostenido por dos trípodes y sometido a una tensión de 10 kgs. fig. 35a. Gracias a este aparato se puede avanzar, en buenas condiciones, hasta 1.500 mts. por día.

1. **El mapa topográfico del Uruguay.** — Desde el año 1913, el Servicio Geográfico del Ejército tiene la misión de levantar una carta topográfica de la República. La carta se editará en dos escalas: 1:100.000 y 1/20.000. Con la primera se construirá

3ª **Aproximación.** — EL GEOIDE. — Pero las medidas más precisas han demostrado que la forma real de la Tierra no corresponde exactamente al elipsoide de revolución. Los radios polares no son iguales y el Ecuador no es una circunferencia. Los astrónomos y matemáticos han sustituido pues, la palabra elipsoide por *geoide*, es decir, forma de la Tierra por excelencia. En esta avaluación no se tienen en cuenta ni las entrantes ni las salientes. El geoide puede imaginarse así, suponiendo *que el nivel medio de los mares se prolonga por debajo de los continentes*. Este nivel es, en cada punto, perpendicular a la vertical, y en el estudio de la desviación de la vertical estriba una de las formas para determinar la verdadera forma de la Tierra.



(De "Le Ciel", de Berget).
FIG. 39. — *LA CONDAMINE (1701 - 1774)*

II — MÉTODO FÍSICO

Estudio de la pesantez. — El método físico para determinar la figura real de la Tierra, estriba en estudiar las variaciones de la pesantez en las diferentes latitudes, para deducir de ellas el valor del aplastamiento polar.

Naturaleza de la pesantez. — El peso de un cuerpo es la resultante de dos fuerzas: la atracción de la Tierra y la fuerza centrífuga. La intensidad de la pesantez se denomina también gravedad y, en este concepto no es sino un caso particular de la atracción universal. En los cursos de física se demuestra que la intensidad de la pesantez es el peso del gramo, numéricamente igual a la aceleración de la caída de los cuerpos.

Variación de la gravedad con la latitud. — La experiencia prueba que la gravedad, medida por medio del péndulo y reducida al nivel del mar *aumenta desde el ecuador hacia los polos* [1]. Este aumento obedece a dos causas: al aplastamiento polar y a la rotación del Globo.

---

la carta general, de aplicación corriente en las operaciones militares y civiles y con la segunda la zona S. y SO. que por ser más poblada y estar cubierta de obras artificiales, reclama una carta más detallada.

Ya están publicadas las hojas relativas al departamento de Montevideo y casi todo Canelones (1931), pero la obra requerirá unos veinte años más de labor. Es de advertir que la carta topográfica de Francia al $^1/_{80.000}$, requirió ochenta años de trabajo.

La carta topográfica tendrá un excepcional valor para la geografía física del país. Por primera vez se determinará la altura del relieve sobre el nivel del mar y se estará en condiciones de apreciar la configuración de nuestros valles y de la intensidad de las alturas.

1. **Los trabajos de Richer y sus consecuencias geográficas.** — En 1672, la Academia de Ciencias de París, comisionó a J. Richer para trasladarse a Cayena y determinar la longitud del péndulo de segundos, cuya variabilidad era ya sospechada. Después de continuos y minuciosos trabajos, (de 1672 al 73) logró comprobar que el

En efecto: cuando se va del ecuador hacia el polo, se acerca al centro de la Tierra que es el centro de gravedad, lo cual aumenta la atracción. Al mismo tiempo se acerca también al eje de rotación, de modo que disminuye la fuerza centrífuga y aumenta la pesantez [1].

La suma de estas dos causas del acrecentamiento de la pesantez es superior a cada una de las causas parciales, de lo cual puede deducirse no solamente la forma de la Tierra, sino también una prueba de la rotación del globo.

Por las razones expuestas se ha propuesto definir el *geoide*, diciendo que es la distribución normal de la intensidad y de la pesantez [2].

Valor del aplastamiento terrestre. — De las distintas medidas efectuadas, se han obtenido cifras diversas.

Bessel (1837) halló:

$$\frac{a-b}{a} = \frac{1}{299.15}$$

Clarke (1880):

$$\frac{a-b}{a} = \frac{1}{293.465}$$

Helmert (1901):

$$\frac{a-b}{a} = \frac{1}{298.3}$$

Por último el eclipsoide de referencia internacional, adoptado en 1924 por la Sección Geodésica de la Unión Geodésica y Geofísica Internacional es de $\frac{1}{297}$

---

largo del péndulo era más corto en Cayena que en París, como pudo más tarde ratificarlo, llevando la medida así obtenida a la capital francesa. Por lo demás, su reloj, de gran precisión en París, sufría un retraso diario de dos minutos en Cayena. Estas observaciones tuvieron gran trascendencia para el problema de la configuración terrestre. Gracias a ellas, por distinto método que el geométrico, empleado hasta entonces para la medida de los meridianos, podía establecerse la verdadera forma de la Tierra, basándose en la intensidad de la gravedad y las relaciones entre la intensidad y el achatamiento:

$$\alpha = \frac{a-b}{a}$$

en que α es el valor de la relación, a el radio máximo y b el mínimo.

1. **Exactitud de las medidas de la Tierra.** — "Actualmente parece que son las medidas relativas a la pesantez, las que permiten avaluaciones más precisas acerca de la forma" [**89**, pág. 1].

2. Más adelante veremos que de las anomalías se han sacado consecuencias interesantísimas respecto de la constitución y profundidad de la corteza.

LA CORTEZA Y EL NÚCLEO CENTRAL

Hemos visto cómo se ha podido reconstruir la formación de la corteza terrestre y la historia de los elementos que en ella intervienen. Ahora vamos a penetrar en su masa constitutiva y averiguar su probable estado físico - químico, su espesor y modo de comportarse a los efectos de la fisonomía exterior del planeta.

Grado geotérmico. — La Tierra es, con respecto al aire, mala conductora del calor y las variaciones de temperatura que éste experimenta, se trasmiten con retardo muy pronunciado al interior de la corteza, de suerte tal que cuando el máximo exterior o el mínimo llega al interior de un subterráneo, ya han empezado a sentirse las temperaturas más atenuadas de la estación siguiente.

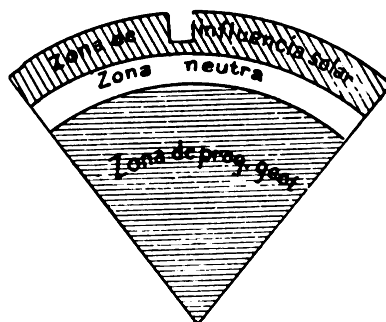


Fig. 40. — *Esquema de las zonas de calor en el interior del globo.*

Puede asegurarse, pues, que las variaciones de las temperaturas externas se sienten sólo en las capas más próximas a la superficie y que el retardo en llegar es tanto mayor cuanto más grande es la profundidad (zona de influencia solar).

Las observaciones geométricas llevadas a cabo en el Observatorio Nacional (Sección Prado), demuestran que la rapidez de la propagación del calor exterior a las capas profundas depende no sólo de la profundidad sino también de la constitución geológica del suelo. En general, un máximo térmico de la superficie tarda en afectar un termómetro colocado a 30 centímetros de profundidad alrededor de un día; de dos días si está a 0m. 60; más de tres días, si se halla a 0.90; más de cuatro días y medio, a 1m. 20 y casi 8 días, si el termómetro está a 1.50.

Ahora bien: si se penetra en el suelo por debajo de esa zona de influencia solar, el observador puede ver que las temperaturas permanecen invariables. Juan Cassini había notado ya en 1671, que la temperatura de los sótanos del Observatorio de París permanecía invariable y Lavoisier, el famoso químico, demostró que a 27 metros y 60 centímetros, la temperatura de dichos sótanos era, desde hacía cien años, de 11°6. En cualquier parte del mundo en que se hagan observaciones térmicas subterráneas, se puede encontrar una zona donde la tempe-

ratura no varía. Ella podrá estar situada más o menos profundamente, pero siempre existe, salvo causas de perturbaciones locales. En los trópicos parece estar situada esta *zona de temperaturas invariables* o *zona térmica neutra* de 1 a 2 metros de la superficie, porque las variaciones anuales de la temperatura atmosférica son allí poco importantes. Por una causa análoga se encuentra en Siberia, a una profundidad escasa, una capa eternamente congelada, pues la tempertura media anual está siempre por debajo de 0º [*31*, pág. 174]. En el Observatorio Nacional (Prado), la capa neutra parece estar a 25º metros.

En páginas anteriores establecíamos que una de las misiones que cupo, desde los primeros tiempos de su formación, a la corteza terrestre, fué establecer una separación entre la materia ígnea del interior del globo y los elementos en estado aun gaseoso que forman la atmósfera. A medida que la corteza aumentaba de espesor fué haciéndose más difícil la irradiación del calor interno y llegó un momento de esta construcción gigantesca, en que, por el gran espesor adquirido, las temperaturas de la masa ígnea alcanzaron tan débilmente a las capas superficiales, que pudieron confundirse con las temperaturas del calor solar. Así, donde ellas se tocan, está, pues, la zona térmica neutra a que hacemos referencia [1].

Pero si las investigaciones se practican en zonas situadas aun más bajo de la de temperaturas neutras, se ve que el termómetro aumenta, término medio, alrededor de 1º por cada 33 mts. que se descienda. A esta progresión se denomina *grado geotérmico* (de *geo*, tierra, *therme*, calor, calor de la Tierra).

Variaciones de la progresión geotérmica. — Pero no en todos los lugares se cumple la progresión de un grado por cada 33 metros de profundización. La constitución geológica y mineral parece tener, a este respecto, una influencia realmente grande. Así, en los estratos silúricos y devónicos es necesario descender 56 ½ mts. (término medio) para aumentar 1º; en los terrenos cretáceos, de 29 a 30 y en los hulleros de 28 a 40 [*88*, pág. 27] [2].

---

1. **El calor del magma interior** que llega a la superficie en un año podría derretir apenas una capa de hielo de 6 milímetros que cubriera la Tierra, mientras que el calor solar derritiría una capa de 14 metros. Prácticamente, pues, el calor interno no se siente en la parte externa del globo. [Por más datos véase **89**, pág. 18].

2. **Cómo aumenta el calor hacia el interior del globo.** — El siguiente cuadro expresa mejor que cualquier explicación, las diferencias notadas entre una localidad y otra, en la progresión geotérmica.

Localidad	*Metros de Profundidad*	*Temperatura*	*Grado Geotérmico*
Grenelle (París)	547	27.7	32.6
Le Creusot	1168	53.7	26.5
Cuenca del Gard	1674	82.5	24.3
Schladehach	1776	56.6	36
Rybnik (Paruschwitz).	2003	70	34
Czuchow (Polonia)	2240	85	31

El pozo más profundo del globo ha sido perforado en Pensilvania (EE. UU.) donde se han alcanzado cerca de 2.300 metros.

El grado geotérmico puede ser, por lo demás, muy diferente para lugares muy próximos y variar en intensidad según la profundidad. En los pozos de Anzin (Francia) el grado geotérmico varía a pesar de la proximidad de ellos, entre 16 y 26 mts. y en Eperemberg 25º, en los primeros 600 metros, hay un grado más por cada 25 mts. mientras que después de esa profundidad sólo aumenta algo más de 1º5.

Se comprende, pues, que cuando se habla de que el calor de la tierra aumenta 1º cada 33 mts., no se hace otra cosa que expresar un promedio [1].

Espesor de la corteza. — Si la progresión geotérmica se mantuviera dentro del promedio de 1º por cada 33 metros, las temperaturas alcanzadas en el centro de la Tierra serían realmente enormes. A 66 kilómetros debajo de nuestros pies, se encontrarían ya 2000º, temperatura a la cual no puede permanecer en estado sólido ninguno de los elementos conocidos (el platino se funde a 1775º). Esta idea impresionó vivamente a los geólogos antiguos, los cuales no trepidaron en sostener la fluidez del núcleo central. Olvidaban, sin embargo, una ley de física, según la cual, la temperatura de fusión de los cuerpos aumenta con la presión y como es de suponer que los materiales situados a grandes profundidades de la corteza deben soportar el peso de los que están encima, de cualquier modo los cuerpos sólidos mantendrán su estado aún pasando, en mucho, los grados de fusión correspondientes a las presiones externas ordinarias.

El cálculo del espesor de la corteza se ha hecho por diferentes procedimientos: 1º Por las anomalías de la gravedad (resultado 65 kms.); 2º Por el grado geotérmico medio (70 kms.); 3º Por la contracción de la corteza debido a esfuerzos orogénicos (68 kms.) y por la velocidad de la onda seísmica (70 kms.) [2].

Todo induce, pues, a creer que el espesor de la corteza no puede exceder de los 80 kms., cifra realmente escasa si se tiene en cuenta el valor del radio ecuatorial, (6.371 kms.) del que sólo representa $^1/_{80}$. La comparación muy común en los libros elementales de la corteza con la cáscara de una naranja, es, evidentemente una exageración.

1. **El trabajo del hombre en los subterráneos.** — Cuando se perforó el túnel del Simplón se encontró, en la galería costado Norte, temperaturas notablemente más elevadas que las que se habían previsto por el grado geotérmico medio. En el kilómetro 8, la temperatura era de 55º en lugar de 42 que se habían previsto. Tuvo que recurrirse a medios de refrigeración poderosos para poder continuar los trabajos [**89**, págs. 18 y 19].

En rigor, el hombre puede trabajar a la temperatura de 50º al aire seco y de 40º al aire húmedo, pero esto no sin peligro. Además el trabajo debe ser corto. En las minas de plata de Comstock (EE. UU.) a pesar de la fabulosa riqueza de mineral, fué preciso renunciar a la explotación a más de 808 metros y aún reducir a 10 minutos la duración del trabajo del obrero. Cuando se empezó a perforar el túnel de San Gotardo no se presentó ningún obrero de los que unos años antes habían trabajado en la terminación del túnel del Monte Cenis; en este intervalo habían sucumbido todos a consecuencia de afecciones a las vías respiratorias [**31**, pág. 176].

2. Por más datos, pueden verse GOLDINO NEGRI, "Determinación de la profundidad de la corteza terrestre por medio de la seismología". II Congreso Científico Pan Americano. Segunda Sección, página 322.

El núcleo central o bariesfera. — Si la progresión geotérmica continuara hasta el centro de la Tierra en proporción inalterable, se encontrarían temperaturas superiores a 200.000°, es decir, un calor inmensamente superior al de la fotoesfera solar, avaluada últimamente en 6000°. Nada induce, por otra parte, a suponer que el interior del globo terrestre tenga temperaturas superiores a la que tenía la materia solar en el instante de su desprendimiento y así no son pocos los geólogos que se niegan a aceptar la idea de que el calor interno progrese más allá de cierto límite compatible con los razonamientos y comprobaciones hechas por las ciencias físicas. La capa de la Tierra en la cual se han hecho observaciones directas no alcanzan sino a 2300 metros (Pensilvania, E. E. U. U.), vale decir a $^1/_{2776}$ del radio terrestre, lo cual es bien poco para tener la certeza de que en lo más ocurra exactamente como en lo menos. Existe, sin embargo, la seguridad de que en el interior hay temperaturas elevadas, pues lo prueban, de modo irrefutable, el material ígneo arrojado por los volcanes, el agua hirviendo de los geiseres, la tensión de los vapores que escapan por las hendiduras y, sobre todo, la actividad química de las aguas subterráneas [*93*, pág. 3].

«Se ha hecho notar que bajo 60 kilómetros de rocas, en las cuales la densidad es superior a 3, se encuentra ya una presión de 2000 atmósferas y que, por consecuencia, el estado de la materia a ese nivel es muy difícil de concebir. La alta temperatura se opone al mantenimiento del estado sólido, pero la presión no deja suponer tampoco la persistencia de una fluidez verdadera» [*78*, pág. 4]. Modernamente se ha tratado de averiguar la constitución de la materia nuclear deduciéndola de la velocidad con que se trasmiten por ella las vibraciones de los terremotos. Sin entrar a analizar este punto — que corresponde a la parte de la Sismología — debemos decir que como aquéllas marchan en el núcleo con mayor rapidez que por la corteza, cabe suponer que él es más denso, idea ésta que concuerda muy bien con la que trata de deducirla de la densidad media del globo, tan diferente (5.5) de la que corresponde a las rocas de la corteza exterior (3). Pero los geólogos no están de acuerdo en cuanto a la rigidez: los hay que aseguran que ella es como la del acero y otros como la del asfalto en fusión [1].

---

1. **El interior del globo según Arrhenius.** — Es verdad — dice Svante Arrhenius — que el punto de fusión se eleva con la presión que sufre la materia, pero la importancia de este hecho ha sido sin duda muy exagerada cuando se ha creído llegar a la conclusión de que a causa de ella, el interior del globo pudiera ser sólido. Tammann ha probado con experimentos, que la temperatura de fusión no se eleva por la presión más que hasta cierto punto, a partir del cual esta temperatura desciende de nuevo por más de que la presión crezca. No sería, pues, absolutamente exacto suponer que a 40 kms. de profundidad todas las rocas fuesen líquidas. Pero se puede, igualmente, hacer esta hipótesis: ciertas rocas se comportan como la diabasa, estudiada por Barus, en la cual la temperatura de fusión se eleva un grado por 40 atmósferas de presión, lo que corresponde a 155 de espesor de la corteza terrestre. De aquí se deduce que el espesor total, no puede ser más grande de 50 a 60 kms. A profundidad mayor, todo deberá estar en estado de fusión. En esta masa fundida, la sílice, en virtud de su densidad relativa, debe encontrarse preponderando en las capas superiores. Las masas más ricas en óxido, las que se designan con el nombre de partes básicas del magma, estarán realmente concentradas en las regiones más profundas. ¿Cómo debemos representarnos este magma? Como un líquido excesivamente viscoso, cuya consistencia puede ser comparada a la del asfalto..." [**12**, páginas 17 y 18].

Espesor de la corteza. — Si la corteza terrestre tuviera espesor uniforme alrededor del núcleo central, el valor de la intensidad debiera ser — salvo la influencia ejercida por el achatamiento polar y la fuerza centrífuga — exactamente igual en todos los lugares del globo.

Pero medidas muy precisas han venido a demostrar que existen en la corteza diferencias de densidad y de masa, causantes de perturbaciones muy notables en la regularidad de la pesantez.

A) ANOMALÍAS DE LA PESANTEZ. — Los primeros estudios, atribuían a los continentes y a las montañas el papel de un gran depósito o acumulación de materiales de la corteza, y de ahí que se supusiera que los cuerpos deberían pesar más sobre los continentes que sobre los

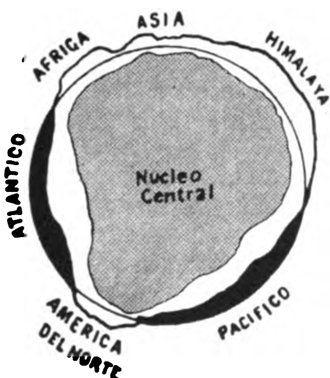


FIG. 41. — *Explicación de Faye.*

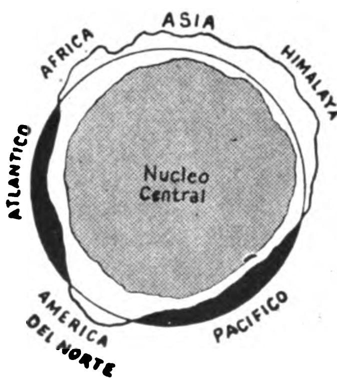


FIG. 42. — *Explicación de Lippmann.*

mares. Helmert en 1884, estudiando la distribución normal de la pesantez creyó, que, por lo general, el valor de g era mayor sobre el océano que sobre la Tierra [1].

Esto condujo a suponer que la superficie media de los mares estaba, con respecto al geoide, algo por debajo, es decir, que el centro de atracción estaría más cerca, lo cual explicaría el exceso de la intensidad de la pesantez [*89*, págs. 2 y 3].

Hecker, por su parte, en 1896, 1901 y 1906 hizo numerosas medidas en pleno mar y obtuvo como resultado que las medidas de la pesantez concuerdan de un modo muy satisfactorio con los valores deducidos, a la misma latitud, de la fórmula de Helmert para los valores continentales, o dicho de otro modo: *la forma del geoide, definida por los continentes, coincidiría muy aproximadamente con la superficie de los mares,* la cual, no estaría rebajada como se había supuesto [*89*, pág. 5].

Pero es el caso que las conclusiones de Hecker sobre el resultado de sus medidas en el mar, han sido vivamente rebatidas y ésta es la hora

1. Véase EBLÉ, "Nouvelle méthode de mesure relative de la gravité". — Rev. Scientifique. — 25 octubre 1930.

en que el mundo científico aguarda nuevas medidas para decidirse entre ambas opiniones.

Entre tanto, conviene recordar, que las anomalías notadas en el valor de la intensidad de g, han tratado de ser explicadas por Faye y por Lippmann.

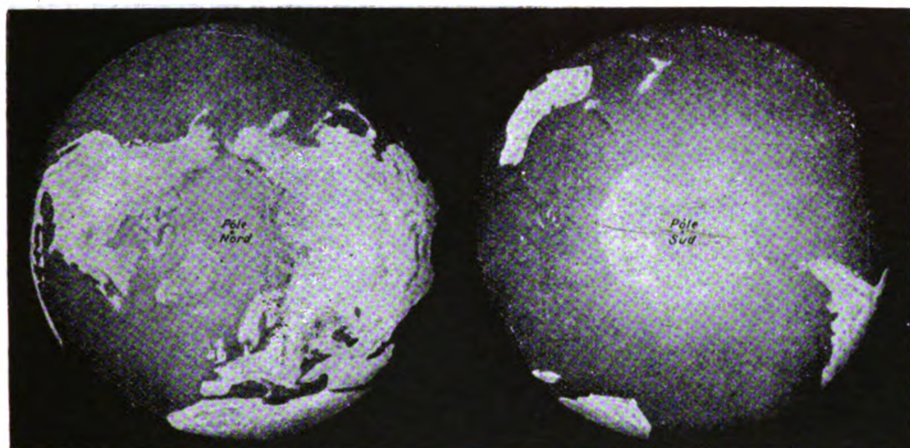
B) REPARTICIÓN ISOSTÁTICA DE LAS MASAS. — Pratt y Airy (1855) demostraron que las diversas regiones de la corteza están en el estado de *isostasia.*

Explicación de Hervé Faye. — Este astrónomo francés, supone que la corteza terrestre es más espesa debajo de los mares que de los continentes, en virtud de un enfriamiento más rápido ocurrido debajo de las porciones de agua. Ese enfriamiento habría determinado un espesor mayor de materia, idea que parece coincidir con el hecho observado en los mares, de encontrarse temperaturas mucho más bajas en el agua que a igual profundidad en la tierra. Por lo tanto, para esta teoría, el núcleo central tendría una forma irregular (fig. 41).

Explicación de Lippmann.—Lippmann supone que el núcleo central es esférico y que la corteza se presenta más espesa debajo de los continentes que de los mares. Por lo tanto, la superficie de los mares estaría más próxima al núcleo central, lo cual justificaría el aumento de la intensidad encontrada por Helmert sobre los océanos. Para llegar a esta concepción, Lippmann imagina que el núcleo central, a pesar de ser muy denso, se comporta como un líquido elástico en presencia de las masas sólidas que flotan en él. Puesto, dice, que la corteza está formada de pedazos flotantes yuxtapuestos en una serie de mosaicos irregulares, es necesario que cada elemento sea sostenido por debajo por «un empuje arquimedeano». Si, pues, el pedazo considerado soporta una masa montañosa importante, la *balsa* que ella constituye lleva una carga más considerable que aquella encima de la cual se encuentra situado un océano de débil densidad. Es necesario, pues, también que esta balsa más cargada se sumerja más en el océano incandescente, es decir, que *desaloje más agua.* Esto implica, como consecuencia, que la corteza debe ser más espesa debajo de los continentes que debajo de los mares. (Fig. 42).

Repartición de las tierras y de las aguas. — De los 510.000.000 de kms. cuad. que tiene la Tierra, 375 corresponden a la masa líquida y sólo 125 a los núcleos continentales y a las islas. La proporción es, pues, de 1 a 4, y exagerando un poco los términos, se puede decir que las aguas ocupan las tres cuartas partes del planeta.

La distribución de las tierras es desigual y asimétrica. Al paso que en el hemisferio norte los núcleos continentales rodean la zona polar, en el meridional éstos son muy escasos y prepondera, en forma visible el elemento oceánico. Esta desigualdad puede hacerse más notable, si se toma como centro la ciudad de Nantes (Francia).



(De "La Mer", Clerc - Rampal).

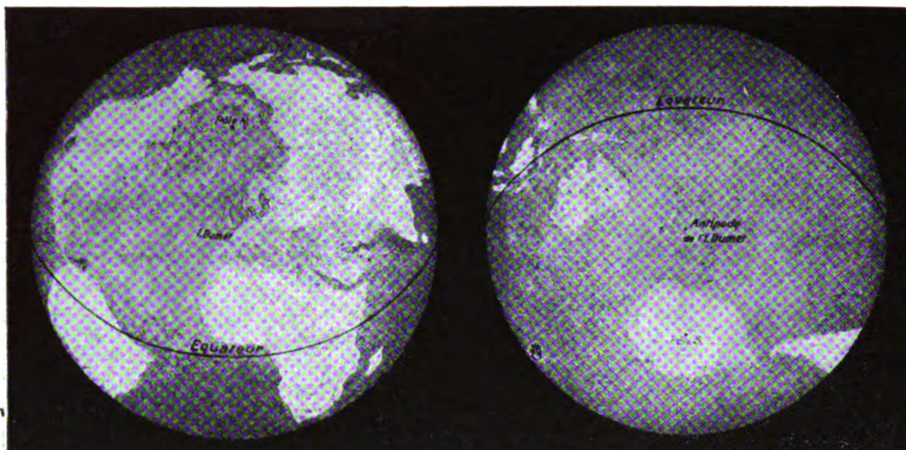
FIG. 43. — *DISTRIBUCION DE LAS TIERRAS Y DE LOS MARES. — Hemisferio Norte y Hemisferio Sur.*

FORMA Y DISTRIBUCIÓN DE LOS CONTINENTES

Homologías geográficas. — El análisis de la forma y distribución de los continentes, muestran que los continentes se agrupan en porciones dobles: sentada como una verdad geológica, la antigua separación de Europa y de Asia por medio del Mar de Obi ya desaparecido, se tiene que Europa y Africa constituyen el primer núcleo; las dos Américas el segundo y Asia y Australia el tercero.

Otro rasgo importante, es que todos los continentes terminan en punta dirigida hacia el Sur y que se manifieste entre la parte septentrional de ellos y la más meridional, una especie de retraso de las formas hacia el Oeste (fig. 46). En muchos detalles parece existir por lo demás, una semejanza de formas que no puede estar librada a una simple casualidad.

Las tres penínsulas del Sur de Europa coinciden, en rara armonía, con las del Sur de Asia: la cuadrangular de España y Portugal, con la cuadrangular de Arabia; la Itálica terminada al Sur por una isla (Sicilia) corresponde al Indostán, terminada también por una porción insular (Ceylán); la irregular península Balcánica, rematada por la subpenínsula de Morea y rodeada de islas, presenta doble semejanza con la Indochina, con su subpenínsula de Malaca y el archipiélago de la Insulindia. La gran masa continental euroasiática, presenta también en

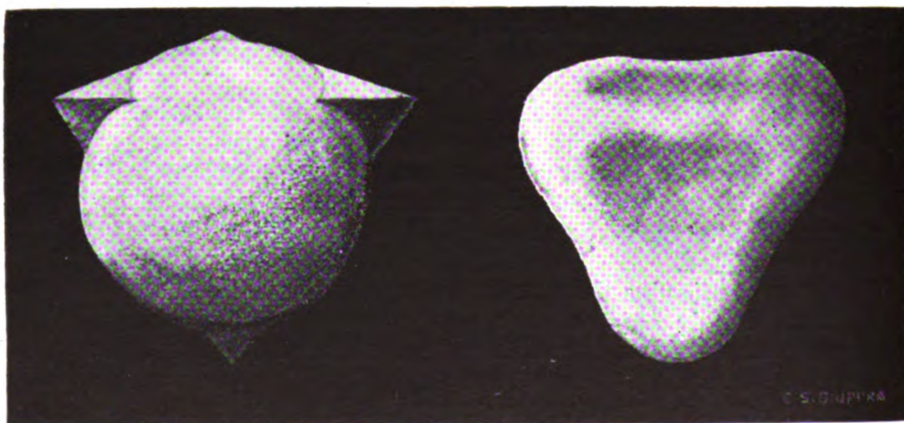


(De "La Mer", Clerc - Rampal)

FIG. 44. — *DISTRIBUCION DE LAS TIERRAS Y DE LOS MARES.* — *Hemisferio Continental y Hemisferio Oceánico.*

oposición, extrañas correspondencias: Kamtchatka es la Escandinavia de Europa; el Mar de Oskols, representa el Mar del Norte; las Islas del Japón son las Islas Británicas; el Mar Amarillo, recuerda el Mar de la Mancha... ¿Es esta distribución, hija de la casualidad u obedece a leyes inexcrutables de la naturaleza?

Deformación tetraédrica. — Elie de Beaumont, advirtiendo algunas de estas coincidencias y otras que él creía hallar en la distribución de la orografía de Europa, propuso en 1825, una explicación de los ras-



(Dib. del autor.)

FIG. 45. — *TEORIA TETRAEDRICA.* — *1. Tetraedro regular inscripto en una esfera.* — *2. Deformación tetraédrica de una esfera de caucho.*

gos y pormenores de la morfología terrestre. Concebía la tierra a la manera de un cuerpo cristalizado, cuyo sistema correspondía al *dodecaedro pentagonal*. Las aristas de sus caras constituídas por las cadenas montañosas deberían guardar una disposición en pentágono como la que puede observarse en las cadenas del Sur de Alemania, Bohemia, etc. El sistema propuesto por Beaumont, pretendía dar los detalles de la superficie terrestre y el conocimiento de las direcciones orográficas de Africa, en su tiempo casi ignoradas, fué su mejor desmentido. Pero el fracaso de Beaumont sirvió para que el geólogo inglés Lowthian Green explicara o tratara de explicar, en 1875, no ya los pormenores de la superficie terrestre, sino los grandes lineamientos de su forma-

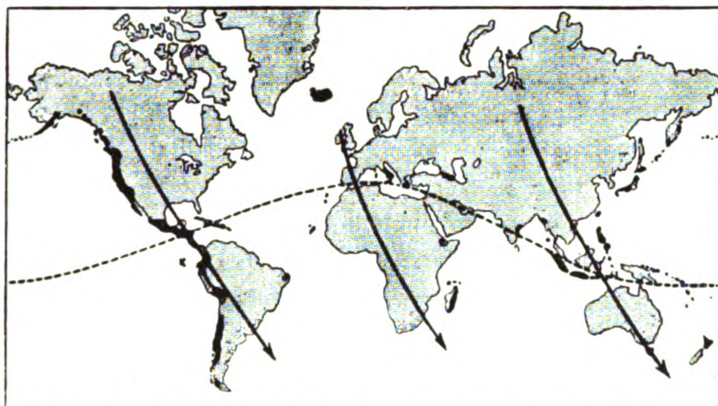


FIG. 46. — *Retraso hacia el Oeste de la parte septentrional de las masas continentales.*

ción y los rasgos más esenciales de las formas actuales. La ingeniosa hipótesis de Green está basada:

1º En la experiencia de Fairbairn concerniente a la ruptura de los tubos expuestos a una fuerza externa no contrabalanceada por otra interna. Según ella, la tendencia de dichos tubos es a aplastarse en tres caras cóncavas de sección triangular.

2º En la observación de las burbujas que se desprenden del seno de una masa líquida: éstas adquieren, generalmente, la forma de una pirámide triangular de lados o caras cóncavas.

Green consideraba la corteza terrestre como formada por la yuxtaposición de un número de cilindros de diámetros descrecientes y de ahí la *tendencia* de la Tierra a deformarse en cuatro caras cóncavas triangulares, de aristas redondeadas, una vez que el núcleo central comenzó el enfriamiento y la corteza, solicitada por la gravedad, tuvo que ajustarse a ese núcleo más reducido [1].

1. Más recientemente (1924) Lallemand, sometió un globo de caucho a una aspiración de aire interior y obtuvo un tetraedro (C. R. Ac. Sc. — 29 Dic. 1924).

Conviene advertir, que la deformación a que alude Green sólo ha debido ocurrir en la parte sólida de la corteza, es decir, en la litoesfera. Las aguas oceánicas son las que completan, en efecto, la esfericidad terrestre y si se despoja de ellas al Globo, se vería que esta concepción del geólogo inglés no está tan lejana de la realidad como pudiera imaginarse.

Las partes entrantes de ese tetraedro apenas insinuado [1] de que nos habla Green estarían, pues, rellenadas por las aguas oceánicas, mientras que las partes salientes constituirían los continentes actuales. Según esta hipótesis, el eje del tetraedro coincidiría con el eje de la Tierra y el vértice, dirigido hacia el Sur, determinaría, en el Hemisferio Norte, la existencia de tres núcleos continentales (los tres continentes dobles de que hemos hablado), correspondientes a sus tres puntas superiores (fig. 45). La cara superior coincidiría, además, con la depresión del Océano Glacial Artico y el vértice con una masa continental que en tiempos de Green no era conocida, pero que las expediciones de Roos, Shakleton, Scott y Admusen han venido a poner en evidencia.

---

1. **Objeciones y defensas a la teoría tetraédrica.** — Una de las objeciones más importantes hecha a la teoría tetraédrica, es la de no explicar la desviación hacia el oeste que sufren las masas continentales en su parte norte. Lapparent, sin embargo, dice que no debe olvidarse que el tetraedro terrestre está animado de un movimiento de rotación alrededor de su eje polar y que primitivamente, cuando los efectos del aplastamiento no se hacían sentir, los diversos lugares del esferoide tenían velocidades iguales. Mas a partir del instante en que las cuatro protuberancias comenzaron a acentuarse, tres de ellas se apartaron del eje de rotación, en virtud de lo cual la velocidad de que estaba animada disminuyó notablemente, y de ahí que la zona de la esfera que las contiene, se encuentre por la misma causa retrasada.

Una línea de fractura llamada zona de los Mediterráneos, se habría originado por causa de la gran tensión experimentada por ese retraso. Para algunos, esta línea de fractura debiera ser paralela al ecuador, cosa que no sucede y en ello se encuentra un fuerte argumento contra el cual el mismo Green reaccionó explicando sus irregularidades por la influencia que en la masa flúida primitiva ejercieron la Luna y el Sol.

Para Marinelli todas las explicaciones y defensas que sobre su famosa teoría tetraédrica hizo Green, no dan una contestación acertada sobre por qué considera el vértice del tetraedro colocado hacia el Sur, cuando cualquier lado de la esfera habría presentado idénticas circunstancias para ser elegido.

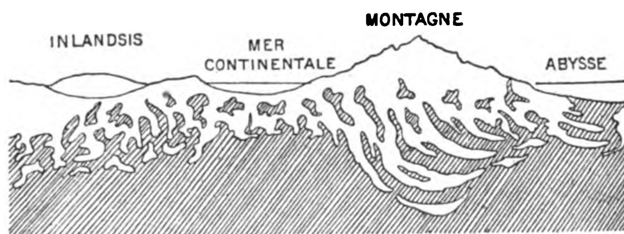
Para el profesor italiano De Marchi, la hipótesis de Green es inaceptable, porque da origen contemporáneo a los tres océanos, por presuponer en el casquete septentrional una depresión oceánica que desmiente hoy el conocimiento de las montañas de Groenlandia, Spitzberg y Tierras de Francisco José, porque no explica la unión de Europa y Asia y por otras causas que sería prolijo enumerar aquí.

No han faltado tampoco los que tomando por base el sistema propuesto por Green hayan ensayado adaptar mejor el tetraedro a la esfera terrestre. Uno de éstos, Mr. Levy, ha supuesto el tetraedro dispuesto de suerte que una de sus cimas corresponde al punto situado entre Guatemala y la Península de Yucatán, teniendo una de las aristas en dirección de la costa oceánica del Atlántico (plegamiento de los Apalaches) otra pasando no lejos de los Andes y una tercera coincidiendo con el eje del Pacífico hacia la Nueva Caledonia. Además, la segunda cima se dirigiría a las fuentes del Eufrates; una de las aristas correspondería al Cabo y la cuarta cima, estaría colocada hacia la intersección del pralelo 70 con el meridiano de París [MICHEL LEVY. — "Sur la cordination et la repartition des fractures et des effondements de l'ecorse terrestre". — Boletín de la Sociedad Geográfica de Francia. 1889].

Mr. Bertrand ha propuesto también otra adaptación del tetraedro [BERTRAND.— "Deformation tetráedrique de la Terre". — Comunicación a la A. de Ciencias. — París, 1900] y más recientemente el sabio sismólogo Montessus de Ballore ha escrito un estudio sobre los temblores de tierra y sus relaciones con las hipótesis tetraédricas [MONTESSUS DE BALLORE. — "Les tremblements de terre y les systemes de déformation tetraédrique". — Annales de Géographie. — París, 1906].

Las derivas continentales de Wegener. — Examinando las costas opuestas del Atlántico Sur, no deja de llamar la atención el gran paralelismo de la costa del Brasil y de Africa. Quien ponga la vista sobre el Mar Rojo, no podrá menos que advertir la simetría de las costas de Arabia, de Egipto y la Somalia. No sólo, el gran codo ortogonal de las costas brasileña en el Cabo San Roque encuentra su fiel molde negativo en el Golfo de Guinea, sino que la Grenlandia presenta sus costas paralelas a las de América del Norte y las del Noroeste de Europa.

Esta sorprendente coincidencia, ha sido el punto de partida de una nueva concepción acerca de la naturaleza y movimiento de la corteza terrestre. El prof. Wegener, de quien son estas palabras, afirma, en efecto, que la corteza terrestre efectúa grandes desplazamientos horizontales, verdaderas derivas o traslaciones, de suerte que lo que hasta ayer consideramos firme e inconmovible, navega a la par que un iceberg gigante, por un mar de piedra, cabeceando en su lucha con el elemento que lo sostiene.



(De J. Leunba).

Fig. 47. — *Desigual del espesor del Sial según Wegener. La parte rayada representa el sima.*

Bajo el dominio de esta idea, la Geografía Física y la Geología clásicas, sienten vacilar sus fundamentos más sólidos. El pliegue geológico, producto de fuerzas tangenciales propias de la contracción terrestre de que nos habla Beaumont o de la expansión de Reade (véase más adelante las fuerzas tectónicas), ya no tiene razón de ser, al menos en cierto aspecto mecánico. Las montañas del mundo, obedecen a un origen vinculado a esa marcha pesada y paulatina de la masa continental. Las especies animales y vegetales de los continentes no aparecen distribuídas al azar; los grandes circuitos aéreos y océanicos encuentran por primera vez una razón fundada de su origen y todo, parece moverse dentro de un cuadro inmenso regulado por un hecho básico cuyo análisis vamos a hacer enseguida: la ruptura de la corteza y traslado de sus trozos en deriva.

Fué Ed. Suess, en su monumental obra *La faz de la Tierra*, el primero en concebir el globo terrestre compuesto de tres capas concéntricas de densidades crecientes en profundidad: el nife, el sima y el sial. El nife, término compuesto de los símbolos químicos del níquel y del hierro, ocuparía la parte céntrica del Globo. Esto ya lo había sospechado Daubrée quien en sus *Experiencias sintéticas relativas a los meteoritos"*, publicadas en 1863, juzgaba que los trozos de piedra caídos del cielo y compuestos en gran parte de hierro y de níquel, no eran otra cosa que núcleos planetarios despedazados en el momento de su formación.

Las modernas investigaciones acerca de la densidad de las rocas y de la densidad total del globo, parecen apoyar estas ideas tanto más cuanto que la propagación de la onda originada por los temblores de tierra, revela, por medios gráficos incuestionables, que el interior de la Tierra tiene una densidad muy superior a la que corresponde a las rocas superficiales.

El nife, es en suma, el punto de apoyo de toda la Geología.

En contracción o no, él sustenta todo el edificio periférico de nuestro globo. Así lo creía Suess admitiendo la existencia de una segunda capa, el sima (símbolo químico de la sílice y del magnesio), rocas menos duras que las que forman el nife y sobre las cuales está otra capa aún menos densa, el sial (nombre proveniente de las rocas predominantes, sílice y alumina).

Con estas ideas, el profesor Wegener, concibió por primera vez en 1910, su hipótesis de la deriva continental, pero entonces no le prestó atención por juzgar inverosímil las traslaciones.

Un año después, un boletín geológico llegado por casualidad a sus manos, le entera de ciertos estudios paleontológicos que permitían creer en una primitiva unión entre el Brasil y Africa. Ello le indujo a efectuar un examen de los datos que interesaban a la cuestión y así, durante el año 1912, expuso en conferencias sus ideas matrices, no sin alguna timidez y lagunas en la concepción particular de ciertos hechos. Llamado a formar parte de la expedición Kock a través de la Groenlandia en 1912 - 13 y la Guerra mundial después, le impidieron ocuparse del perfeccionamiento de la teoría.

Fué recién en 1920 que pudo dar forma definitiva a su exposición, no sin la sorpresa de los geólogos ante los cuales la nueva concepción aparecía rodeada de cosas incomprensibles.

La vieja idea de Suess acerca de las tres capas de densidades concéntricas adquiere así, ante este cerebro luminoso, una nueva y brillante forma, no por desenvolvimiento gradual de ideas originales, sino por una inteligente coordinación establecida entre aquélla y la de la isostasia.

Pero la idea de la isostasia no es ya, en nuestros días, producto de una hipótesis. Responde a una realidad que comprueba la ciencia matemática y la física haciendo intervenir los valores de la gravedad y la desviación de la plomada.

El mapa del mundo está lleno de ejemplos de costas que se hunden y se levantan alternativamente en movimiento de báscula.

El profesor Wegener relaciona la isostasia con las concepciones de Suess y juzga que sobre el nife rígido y denso se halla el sima y, por último, flotando sobre éste, la masa de sial que va a producir los continentes. Es un poco difícil, como primera impresión, concebir este flotamiento en elementos densos y duros. El sial, está formado por rocas y nuestra imaginación se resiste a concebir una navegación sobre elemento tan denso. Pensemos no obstante, en que una varilla de hierro de un metro de largo y de un centímetro de diámetro nos parece

rígida, pero cesa esa impresión si una varilla de igual diámetro y de igual material tiene veinte metros. Entonces vemos que su rigidez es relativa; se flexiona y ondula con gran facilidad y es capaz de efectuar movimientos y deformaciones que antes no concebíamos. Las rocas de nuestra superficie terrestre son también de rigidez y densidad relativas. Un trozo de sial pequeño, sobre un trozo también pequeño de sima no ejerce ninguna modificación apreciable. Pero un sial largo, de muchos kilómetros, es capaz de sumergirse en medio del mar de piedra densa poco deformable que tiene debajo.

Según Wegener, los continentes y el fondo de los mares, son cosas esencialmente distintas. Los primeros, están formados de sial; los segundos, de sima. Los continentes cuyo espesor medio es de unos cien kilómetros, flotan en el magma, emergiendo de él unos cinco kilómetros. Por debajo del agua oceánica, pues, está directamente el sima.

El profesor alemán prefiere no entrar a investigar si el sial cubrió o no totalmente el sima en los comienzos de nuestro Globo. El hecho real es que la capa exterior de la litoesfera no cubre ya toda la superficie terrestre: comparte esa función con el agua de los océanos. En la suposición de que antes la hubiera recubier-



(Dib. del autor).

Fig. 48. — *TEORIA DE WEGENER. — Estos hemisferios demuestran como ocurrió la separación de los continentes según la hipótesis de las traslaciones.*

to en la sucesión de las eras geológicas ha ido disminuyendo continuamente a consecuencia de los plegamientos y compresiones horizontales que, a la par que le aumentaron su espesor, la requebrajaron y fracturaron. Ahora el sial apenas si representa la cuarta parte de la superficie terrestre.

Una de esas requebrajaduras del sial, corría desde una a otra región circumpolar. Era una falla gigante, de cuya importancia solo puede juzgarse, viendo uno de los mapamundis explicativo de Wegener. (Fig. 48).

La masa que quedó al oeste de la rajadura aludida, movida acaso por la fuerza de la inercia, empieza a derivar lentamente hacia el oeste y la gran rajadura se ensancha cada vez más. El movimiento de separación es más intenso en el sur que en el norte. Ahora mismo, que ha adquirido tal amplitud como para que le llamemos océano, se ve que el desgajo empezó por la parte meridional. Entre el Cabo de Buena Esperanza y el Río de la Plata, hay 6200 kms.; entre el Cabo San Roque y el Camerum, 4800; entre el Banco de Terranova y la plataforma británica, 2400; Spitzberg apenas dista 300 kms. de la plataforma oriental de la Groenlandia.

¿Cómo podemos reconocer la verdad de estos hechos? Wegener nos brinda en copiosa forma, una serie de admirables ejemplos de orden geológico, geofísico, biológico, climatológico, geodésicos, etc.

Sin tiempo para pasar revista a todos, veamos sólo algunos de los argumentos:

La separación, entre la meseta continental sudamericana y Africa, no se operó sino hasta el cretáceo. Antes formaron ambos trozos un bloque único.

Vestigios de esta unión deben encontrarse en muchos hechos. El sur de Africa, se encuentra atravesado por una cadena pérmica que va de oeste a este: los montes de Zwart. Restableciendo la primitiva unión de los dos continentes, la prolongación nos traerá a las latitudes del Río de la Plata, Uruguay y Provincia de Buenos Aires. El geólogo Keidel ha encontrado, en efecto, una gran semejanza de constitución entre las sierras de la Provincia de Buenos Aires y las del Cabo. Otras investigaciones, permiten decir que las montañas de Zwart se prolongan por el sur de lo que ahora es Provincia de Buenos Aires, para doblar luego al norte y enlazarse con la cordillera andina.

¿Quién no recuerda, por otra parte, haber visto, una fotografía de los Montes de Karroo y de la Tabla del Cabo de Buena Esperanza, mostrando sus cimas en forma de meseta y quién no evoca en su presencia los Tres Cerros de Cuñapirú y los numerosos Cerros Chatos de nuestro territorios. Sin ahondar en minuciosidades de orden más formal que nos llevarían muy lejos y acaso ofrecieran discordancias de detalle, no puede menos que hacerse notar la coincidencia de latitud entre el predominio del avestruz sudafricano y del ñandú rioplatense; de la ganadería mayor del Transvaal y de Orange con la del Uruguay y la Argentina. En el orden humano, si hemos de emplear un determinismo

geográfico un tanto escueto, veamos cómo coincide el uso de la carreta de bueyes para el transporte en uno y otro continente, exigencias, acaso de una identidad geológica y cómo el boer tiene tantos puntos de contacto con el gaucho de estos países. Bien pudieran hacerse a estas coincidencias objeciones de tiempo, si es que después del cretáceo, cuando todavía no vivían los hombres, se separaron ambos continentes. Pero ¿puede negarse la influencia posterior del medio sobre la vida que en él se sucede y transforma?

El ejemplo de la Cadena del Cabo, prolongándose en América, no es único. La inmensa meseta gnéisica africana que desde muy antiguo no ha sufrido plegamientos, ofrece — dice el propio Wegener — un notable parecido con la del Brasil. Los geólogos reconocen grandes parentescos e identidades entre el granito de la Meseta Brasileña y el granito africano de igual latitud. Las rocas alcalinas encuentran un gran paralelismo geográfico en los dos continentes; los diamantes blancos que sólo se hallan en Minas Geraes, en Africa, se encuentran únicamente al norte del río Orange; en fin, ciertas rocas sedimentarias tienen, a decir de Brower, en ambas orillas del Atlántico una igualdad que sorprende. Es más todavía: juntemos el mapa de América y de Africa y veamos otro hecho sugestivo: el Amazonas se continúa por el río Niger; las cuencas del Congo y del San Francisco, parecen una sola.

Fuera de este continente, en América del Norte, es particularmente notable la correspondencia de los plegamientos carboníferos con los de Europa. Los pliegues más meridionales del sistema, atraviesan Francia y apuntan hacia los Apalaches en Estados Unidos. Las distintas edades de los plegamientos de un continente y de otro pueden ligarse con gran sencillez.

Argumentos de orden biológico y botánico complementan estos hechos. Es útil agregar que muy recientemente, en 1929, Alberto Betim ha comunicado a la Academia de Ciencias de París su creeccia de que la flora es de origen americano y la fauna, particular de Africa, lo cuál, al ser ciertas las emigraciones justificaría la decadencia de ciertas especies animales en esta parte de América.

Pero lo realmente sugestivo al profano, es la coincidencia de formas que ofrece esta teoría. No solamente Africa y América se desgajan: la Península Danesa habría estado ocupando el actual Golfo de Cristianía; la Groenlandia y las islas Articas habrían seguido a América del Norte; Madagascar a Africa Oriental; las Malvinas y Tierra del Fuego a la Argentina; Nueva Guinea y Nueva Zeelandia a Australia.

La deriva no ha sido en todos lados hacia el oeste. Ha habido, según Wegener, un movimiento de torsión que justifica muchas trayectorias seguidas por los trozos de sial. Los bloques flotantes dejan rezagados por requebrajamientos, pedazos de ellos mismos. Un gran olvido de Africa ha sido Madagascar, cuya geografía coincide tan bien con Mozambique. Australia, a su vez, como tren que pierde el furgón de cola, dejó a Nueva Zelandia. Los grandes Archipiélagos orientales,

como el Japón, los que rodean la Insulindia y las Antillas, son las guirnaldas montañosas de Suess, desprendidas de los continentes viajeros.

La teoría de Wegener nos explica, además, la distribución de las grandes montañas de pliegue. En el movimiento de las dos Américas hacia el oeste, su frente anterior, se comprimió, plegándose contra el fondo del Pacífico cuya resistencia fué muy grande. En el agua, el barco hiende el líquido y el líquido levanta una cresta espumosa en la proa; en la balsa de sial, la cresta se formó en el propio elemento trasladado por ser menos rígido; se arrugó, pues, éste y sus arrugas formaron los pliegues que desde Alaska a la Antártida, la geografía reconoce con el nombre de Cordilleras Rocallosas y Andina.

En otros lugares del mundo, el hecho es el mismo; los plegamientos acusan el sentido del desplazamiento actual o primitivo. Además de la emigración hacia el oeste, se observa una general tendencia de los bloques a aproximarse al ecuador: he ahí, por virtud de un hecho que podría justificar la Mecánica, la razón del Himalaya, de los Alpes, del Atlas y de toda las cadenas terciarias del mundo.

Debe no obstante advertirse que cuando precede, no es la revelación total de las formas del globo. Los estudiantes de Geografía Física saben bien que vivimos un solo instante de la historia geológica y que la vida es breve para apreciar sus transformaciones. El desplazamiento continental de Wegener, es, en sí mismo, de una lentitud milenaria. Las medidas practicadas para comprobar sus movimientos, acusan sólo traslaciones del orden de los centímetros y agentes atmosféricos y climatológicos están transformando con empecinada insistencia, las formas originarias.

I. — LA LITOESFERA [1]

La geología superficial del Uruguay. — Los elementos geológicos del Uruguay, pueden reducirse a cinco: 1º el basamento cristalino; 2º el Devoniano; 3º formación de Gondwana; 4º efusión de Serra Geral y 5º, el post cretácico, según Terra Arocena.

1º EL BASAMENTO CRISTALINO, es un término que debe explicarse. Según *Walther* todo el edificio geológico de nuestro país está asentado sobre lo que él denomina "fundamento" cristalino, conjunto de esquistos muy dislocados y atravesados por rocas eruptivas y cuya edad no ha podido determinarse claramente por ausencia total de fósiles. [*158* pág. 82]. Esto no obstante el mismo autor, en una publicación más reciente, clasifica la parte inferior del basamento como "de edad algonquiana y posiblemente — dice — se extiende hasta el arcaico"

El basamento cristalino, está al descubierto por el sur, sudeste y este del país y aflora, a modo de islas, en Rivera y Cerro Largo.

Más modernamente, se hace un grupo aparte de las rocas llamadas "Serie del Aiguá", algonkianas a decir de *Walther.*

2º EL DEVONIANO INFERIOR. — Fué encontrado por Terra Arocena, cerca de San Gregorio, en el Río Negro. Son esquistos arcillosos micáceos con interposiciones de arenisca micácea y cálizas. Hay en estas rocas un braquiopodo característico (*Leptocoelia flabellites*).

3º LA FORMACIÓN DE GONDWANA, restos del continente de este nombre, cubren la parte norte de la República, formando su límite meridional un arco de círculo que empieza en Centurión, toca el Yí y termina en el Uruguay· Son rocas permo - triásicas. Se han hecho, de este conjunto las siguientes divisiones: a) *Extratos dc Pre - Iraty.* b) *Esquis-*

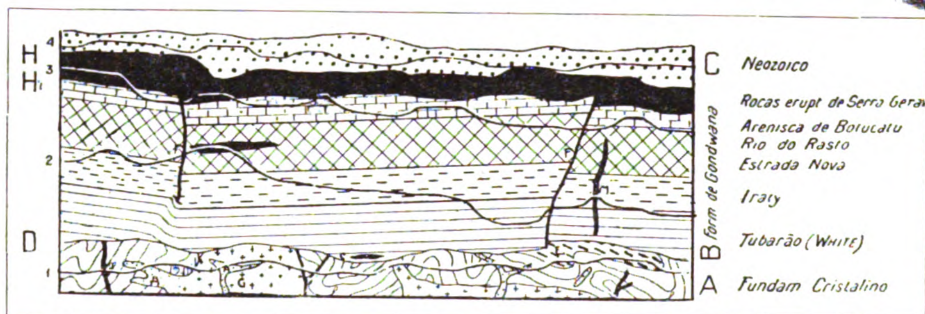
---

1. **Lineamientos de la geología nacional.** — Los estudios geográficos del país no han contado sino con un limitado número de investigadores, primero, por falta de la cooperación que esta clase de empresas exige, y, después, por la índole misma de nuestro territorio, poco atrayente por lo que respecta a las formas sorprendentes y variadas que suelen ser motivo de viajes y estudios en los países montañosos. El extranjero mismo, que llega a estas tierras de Sud América, deseoso de ver e investigàr el suelo, prefiere siempre el paisaje andino o la inmensidad de la Pampa o del Chaco, antes de arribar al Uruguay, descripto siempre, en los libros europeos, como un simple apéndice de la Pampa Argentina o de la Meseta del Brasil. Nos ha faltado, pues, casi totalmente, la cooperación de los extranjeros ilustrados, y lo que es peor, nos ha faltado la resolución de nuestros propios compatriotas. Salvo trabajos muy recientes — hay que decirlo con amargura — toda la obra geográfica del país data de más de 60 años, cuando aquel hombre de ciencia, investigador y soldado que se llamó José Mª Reyes, trazó los lineamientos de nuestra cartografía y los perfiles fisonómicos del territorio

tos betuminosos de Iraty. c) *Grupo de Estrada Nova.* d) *Arenisca de Río do Rasto y Botucatú.*

4º NAPAS EFUSIVAS DE SERRA GERAL. — Se extienden en general por el centro, formando el nervio del Sistema Geográfico de Haedo. Forma napas y filones, porfídicos y basálticos.

5º EL POST - CRETÁCICO (Terra Arocena), comprende los terrenos desde el cretáceo hasta los cuaternarios. Ocuparía una especie de triángulo formado por el río Uruguay desde su boca hasta el sur del Salto



(Según K. Walther).

FIG. 49. — *PERFIL IDEAL DE LOS TERRENOS GEOLOGICOS DEL URUGUAY* *1. — Superficie de desgaste ondulada. — 2 y 3, Torsos tabulares. — 4, torsos de pliegues.* — H, hiato. — D, discordancia. — F, falla. — M, filón de meláfido. — c, lente de esquisto carbonoso. — E, napa efusiva. — f, filita. — L, lamprófido. g, granito. — m, zona metamorfoseada por contacto. — A, aplita.

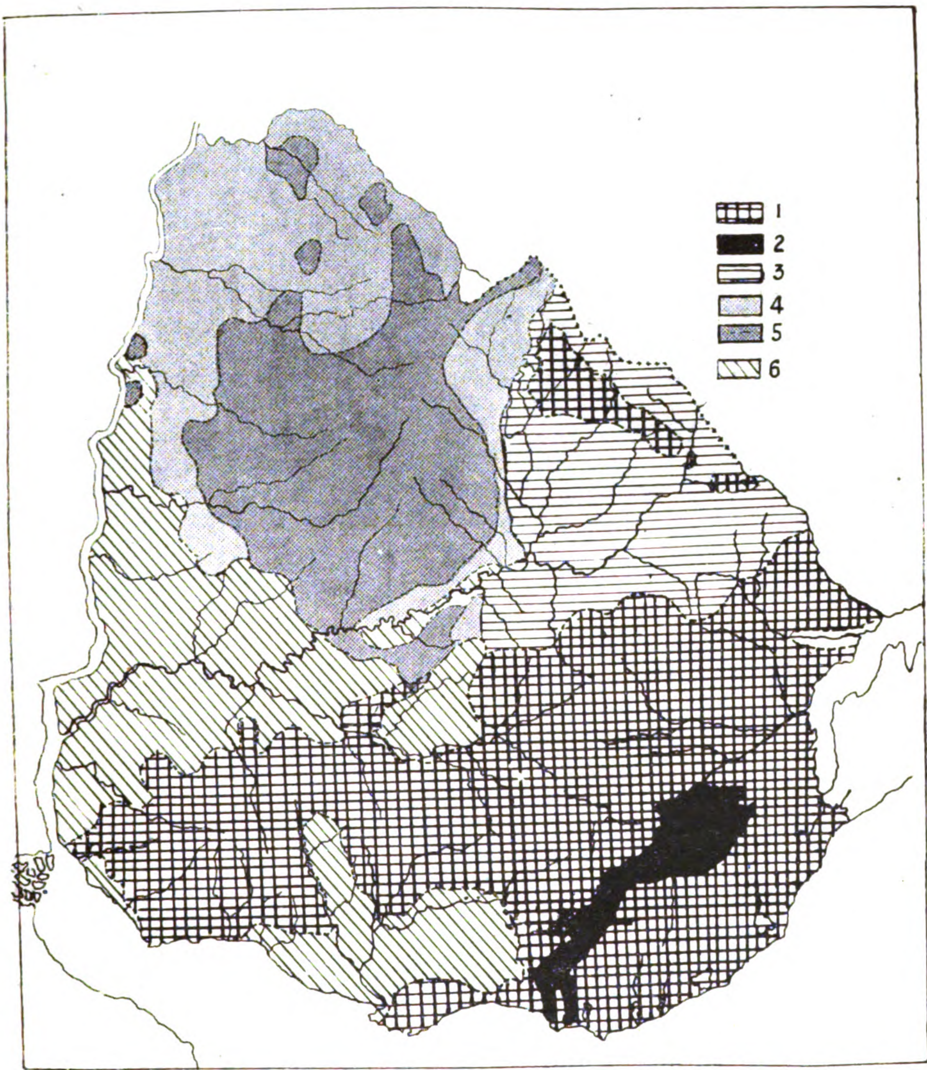
de un lado, y por líneas sinuosas los otros dos que constituirían el vértice sobre el centro del departamento de Durazno.

Esta formación que parece identificarse con la Mesopotamia Argentina, tiene otro trozo al sur del país, que aunque poco estudiado se cree posible que abarque parte de Canelones y de San José.

Los terrenos geológicos presentan en el país una notable falta de continuidad. Así, al basamento cristalino (arcaico o precámbrico) se superpone el terreno pérmico, o sea el último de la Era Primaria. Faltan, pues, dos períodos cuyos afloramientos bien pudieron ser llevados por la erosión (cosa que a *Walther* le parece dudosa) o bien no han existido, y si existen forman capas poco importantes.

En la estratificación de Gondwana hay también saltos o interrupciones muy difíciles de determinar por la gran extensión de los sedimentos areniscos y la ausencia de fósiles.

Para dar una idea de la disposición de las capas geológicas en el Uruguay, Walther ideó el esquema de la fig. 49, donde pueden reconocerse todos los saltos. Además, las líneas numeradas indican la forma del paisaje a que dan lugar los respectivos terrenos.



Dib. del autor.

Fig. 50. — *LINEAMIENTOS GEOLOGICOS SUPERFICIALES DEL URUGUAY. (Según E. Terra Arocena.) — 1. Basamento cristalino (complejo arcáico algonkino). — 2. Rocas efusivas (riolitas, andesitas, etc.). — 3. Pérmico continental (Formación de Gondwana). — 4. Triásico continental (arenisca de Botucatú).— 5. Napas efusivas (porfídicas, andesíticas, etc. ¿jurásico?). — 6. Sedimentos post cretácicos, neozoicos y cuaternarios . Estos lineamientos sólo tienen el carácter de una generalización y han sido trazados con el objeto de dar una idea de la distribución geológica en grandes rasgos.*



Fot. F. Massone.

FIG. 51. — *SEGREGACION GRANITICA EN FORMA REDONDEADA.* — *Cerro Aspero (Rocha).*

Aspecto del paisaje, según las rocas. — Por lo general [1] los afloramientos *graníticos,* presentan un paisaje de formas redondeadas, gibosidades de pendientes suaves, y hondonadas dulces. «Desde un punto elevado — dice Martonne [*86,* pág. 171] es difícil, a menos de estar muy familiarizado con el país, reconocer los lugares».

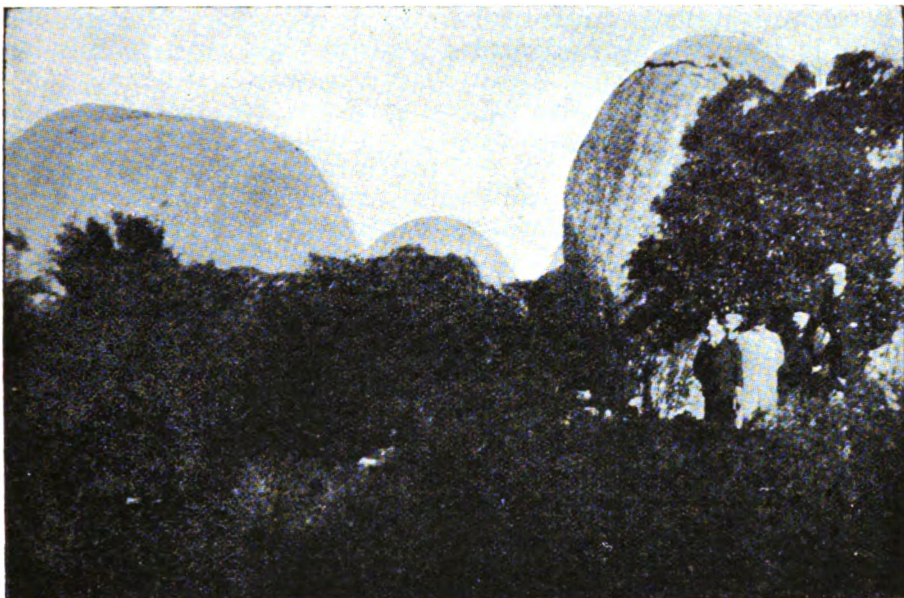
Es la forma de paisaje predominante en el Sur del Uruguay y en algunos lugares del N., donde el Basamento Cristalino aflora entre los estratos de Gondwana. Ejemplos, muy ilustrativos son el *Cerro Pan de Azúcar,* (fig. 72) o *Los dos Hermanos,* del departamento de Maldonado (fig. 74).

Acompañan, generalmente, al paisaje granítico, rompiendo su característica monotonía, grandes bloques de granito redondeados, como los que se ven en Maldonado y Rocha (figs. 51 y 52) [*59*].

Caracteriza, además la topografía granítica, una gran abundancia de corrientes de agua y manantiales, debidas a la impermeabilidad del subsuelo. En cuanto a las formas redondeadas en sí, se deben a la descomposición de la roca y el resbalamiento de sus productos por las vertientes o laderas. Por esta misma razón, la arena procedente de la descomposición del granito es siempre, en el fondo del valle, más abundante o espesa y está más empapada de agua.

---

1. Es muy difícil establecer, con toda claridad, el origen de las formas geográficas por la constitución geológica, pues con frecuencia, las causas iniciales han sido después modificadas por efectos secundarios y de diversas clases, que esfuman las lineas fundamentales.



(Fot. de Walther).

Fig. 52. — *Segregación del granito en forma de bolsa. — (Dep. de Maldonado).*

Siendo el granito, por lo demás, una roca maciza, el desgaste del agua se produce uniformemente por toda la superficie y la descomposición no hace otra cosa que redondear paulatinamente las partes salientes o entrante. En algunos casos, el agua se infiltra a través de las rajaduras de la roca, desintegrando partes del conjunto, las cuales, son redondeadas poco a poco y dan lugar a formación de los bloques en forma de bolsa a que se ha hecho referencia (figs. 51 y 52), amontonamiento de ellos llamados, *mares* o *castillos de roca* y en francés *compayrés,* como puede verse en la sierra de Mahoma. Dpto. de San José.

En general, todas las rocas del Basamento Cristalino, tienden a dar, en nuestro país, formas redondeadas.

«*Las capas de gres duro.* — dice L'Espagnol [*81*] — que han permanecido horizontales, presentan, generalmente, el aspecto de plataformas. Cuando afloran desplomándose sobre los valles, se recortan en aspecto de ruinas». Los asperones o gres son el dominio de la selva. Se ve en los Vosgos, en la Selva Negra, en las Sierras de Aconquija y en las de Misiones (Argentina), y en ellas los cultivos son pobres».

«Las aguas, admirablementes límpidas, corren en un lecho de arena...»

Las calcáreas, dan formas pesadas y aplanadas, dominando cuando ellas prepoderan, los valles estrechos y profundos que los atraviesan

por rebordes abruptos y acantilados. Cuando no está recubierta de limo fértil, la superficie queda desnuda; la hierba débil no sirve sino para alimentar carneros.

Las calcáreas macizas dan paredes verticales, más elevadas que las calcáreas esquistosas. Cada capa de estas últimas, forman un escalón en el paisaje. La creta, cuando está mezclada de arcilla, forma un suelo fisurado. Los valles muy ramificados, carecen de agua. Sólo los grandes valles tienen ríos. Más adelante veremos algunos fenómenos relativos a esta clase de terrenos.

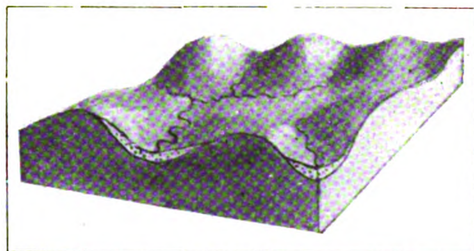


FIG. 53. — *Esquema de la estructura granítica.*

La dolomia es una roca en la cual el carbonato de cal está asociado al carbonato de magnesia. Este último es relativamente poco soluble, cuya descomposición da lugar a arenas y a grandes escarpaduras. «Son las calcáreas dolomíticas las que dan lugar a los aspectos más pintorescos del relieve calcáreo, torres en ruinas, pilares, arcos. Tales son las célebres rocas de Montpellier - le - Vieux, o las de Larzac».

«*Cuando los terrenos son netamente arcillosos* las formas son aplanadas, el agua permanece sobre la superficie impermeable en forma de pantanos o estanques... Estos suelos presentan numerosas variedades: cuando la calcárea está mezclada con arcillas, forman *margas*, de aspecto superficial atenuado y ríos cargados de barro amarillento o turbio pero que atraviesan campos ricos y plantíos abundantes» [1]. [Según *81*, pág. 251].

Relieve del suelo.

La corteza terrestre no presenta una superficie completamente lisa y convexa.

Las causas de estas irregularidades son de tres clases:

1. **El humus.** — El fenómeno más ordinario de la superficie del suelo, una vez implantada en él la vegetación, es la constitución de lo que se llama "tierra vegetal". Los restos de los vegetales caídos a tierra se pudren y forman el "humus", se mezclan con el polvo arrastrado por el viento, algunas veces con las aportaciones traídas por las aguas y, por fin, con los residuos de la alteración del subsuelo, para constituir una capa superficial, ligera, móvil, ennegrecida por las materias orgánicas sobre la cual se ejecutan especialmente los trabajos agrícolas, los cuales contribuyen a modificarla gracias a su mezcla con partículas sacadas de capas más profundas con el arado. En estas capas superficiales intervienen, a título accesorio, los restos de la industria humana, fragmentos de tejas o ladrillos, etc. En este orden de ideas, por una aportación insensible y continua, el suelo se levanta particularmente en las depresiones y llanuras, donde están más amenudo construídas las ciudades, notándose, gracias a un fenómeno bien conocido de los arqueólogos, hundirse, de siglo en siglo, las partes bajas de los monumentos y de período histórico en período histórico, superponerse las ciudades las unas a las otras [L. de LAUNAY, "Géologie pratique", pág. 43 y 44. — 1901].

1º La sedimentación.
2º Las fuerzas tectónicas (fuerzas endógenas).
3º Las fuerzas exógenas (atmosféricas, acuáticas y biológicas).

Las dos primeras serán objeto de este capítulo y del que sigue. La última estará incorporada al desarrollo general de los temas subsiguientes.

Sedimentación. — La característica fundamental de la fisonomía terrestre es su continua variabilidad. Contrariamente a lo que sostenían antiguos geólogos *(catastrofismo* [1]*)* estas variaciones han ocurrido paulatina, insensiblemente, y aun cuando algunos hechos, como las catástrofes volcánicas y los temblores de tierra, llegan a modificar, en un instante, la fisonomía de una región o país, en ningún caso debemos atribuir a esos hechos una importancia mayor que la que corresponde a un fenómeno localizado. Toda la evolución geográfica está caracterizada por los mismos períodos que los de la vida animal: juventud, madurez y muerte y, en este sentido, cada período tiene sus rasgos diferenciales que es necesario reconocer, para establecer la edad en que se encuentran los fenómenos que están ante nuestros ojos.

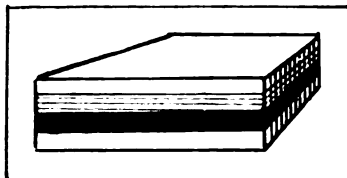


FIG. 54. — *Estratificación horizontal.*

Pero la evolución de las formas, es por lo general, lenta y no basta muchas veces la sola observación de una vida para singularizarlas o medirla. Así como la fisonomía de un hombre no ofrece diferencias apreciables en retratos sucesivos tomados año tras año y en cambio, arroja el más vivo contraste entre el primero y el último de los obtenidos, así la Tierra se transforma en sucesivas e insignificantes variaciones sin que se pueda medir la magnitud del cambio, sino al cabo de muchos años de observación y de estudio.

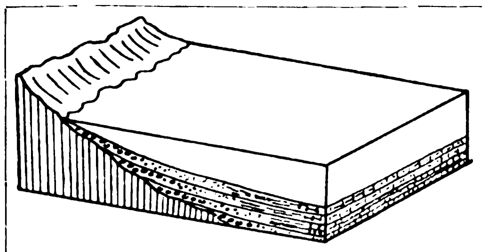
Desde el momento de la solidificación de la corteza terrestre y desde que los agentes atmósféricos comenzaron su obra de desgaste y transporte, hubo, en los cuerpos constitutivos de aquélla, una general tendencia a la nivelación, provocada por la fuerza de la gravedad. Los mares, invadiendo la parte sólida *(transgresión)*, dejaron caer al fondo los elementos arrancados a la corteza por el desgaste, y así se formaron las primeras capas o sedimentos que, por tener origen acuoso, debie-

---

1. **Catastrofismo, evolucionismo y actualismo.** — Las diversas teorías relacionadas con el modo de adquirir la tierra su actual fisonomía, pueden reducirse, como lo dice de Launay, a tres maneras de ver: 1º El mundo ha nacido, se ha modificado y perecerá por cambios bruscos, atribuídos, algunas veces a los decretos de una voluntad soberana, otras veces, a la lucha entre dos principios opuestos, de cuyo triunfo o de cuya derrota surgen periódicamente las catástrofes y las creaciones sucesivas ("catastrofismo"). 2º El Mundo, cualquiera que sea su origen, se ha transformado progresivamente por el efecto de leyes inmutables y fijas desde su comienzo ("evolucionismo") y, 3º El Mundo ha sido y será siempre lo que es hoy ("actualismo"). [**41**, págs. 7 y sig.].

ron guardar posición horizontal (fig. 54). La lógica nos dice, entonces, que las capas más antiguas deben estar colocadas debajo de las más modernas y este orden, ha de encontrarse, en efecto, mientras fuerzas extrañas no hayan alterado su colocación.

Pero en los estudios geológicos, lo menos frecuente es hallar capas estratificadas completamente horizontales y en orden y, por el contrario, es norma muy general, encontrar los terrenos dispuestos de tal suerte que la cronología se presente alterada: terrenos primarios encima de los cuaternarios; secundarios por debajo de los primarios, etc.

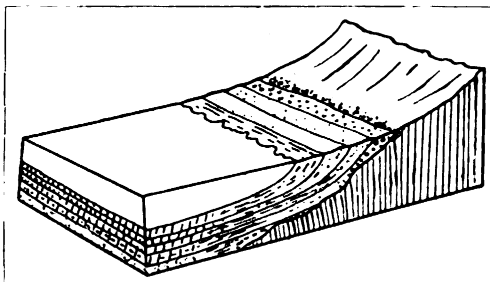


(De Leiba).

FIG. 55. — *Transgresión.*

Fuerzas tectónicas u orogénicas. — Se llama *tectónica* [1], a la parte de la geología que trata de las deformaciones mecánicas del suelo provocadas por las fuerzas internas del globo *(fuerzas endógenas).*

Los efectos de las fuerzas tectónicas son realmente importantes en la fisonomía del planeta y de tal suerte puede afirmarse que los lineamientos generales del relieve son determinados por aquélla. Pero aun cuando la estructura de los accidentes tectónicos es inmensamente variada, puede reducirse a dos clases: pliegues y fallas.



(De Leiba).

FIG. 56. — *Regresión.*

I. PLIEGUES

En muchas ocasiones, las capas sedimentarias primitivamente horizontales, se presentan encorvadas, ofreciendo entrantes o salientes que, en general, se denominan *pliegues* [2].

---

1. Tectónica, del griego "tektoniké", arquitectura.

2. **Hipótesis orogénicas.** — TEORÍA DE ELIE DE BEAUMONT (1798 - 1874). — Se apoya en el enfriamiento de los materiales ígneos del globo, enfriamiento que no ha cesado. Las capas descienden así gradualmente por efecto de la gravedad y, en virtud de entrar a sectores más reducidos, originan fuerzas tangenciales, bilaterales determinantes de los pliegues. Es la teoría orogénica que puede ser considerada clásica, y contra la cual se han esgrimido argumentos poderosos. Kayser y Rudzki, apoyados en los coeficientes de dilatación lineal de los cuerpos que forman la corteza, han encontrado desacuerdos muy notables entre la teoría y el experimento.

TEORIA DE LOS HUNDIMIENTOS DE DANA (1848). — Cree que la Tierra comenzó

La formación de los pliegues ha sido muy lenta. De ningún modo debe atribuírsele forma de catástrofes capaces de transformar, en un instante el aspecto del suelo. Ella es el resultado de procesos muy paulatinos, que la vida de un hombre no alcanza para avaluar.

---

por un estado de fluidez, pero juzga poco satisfactoria la teoría de las fuerzas bilaterales tangenciales de Beaumont, pues ella no explica la existencia de pliegues que orientan grandes masas en un sólo sentido, como si las fuerzas que los produjeron sólo hubieran actuado de un lado. Le conforma más suponer que entre dos pilares (de los cuales uno está firme y otro desarrolla fuerzas tangenciales) se han producido hundimientos por efectos de la contracción nuclear.

TEORÍA DEL GEOSINCLINAL PRIMITIVO. — El enorme espesor que puede reconocerse en las capas sedimentarias de origen marino, induce a pensar que ellas ejercieron, en el fondo de los mares donde se depositaron, presiones tan grandes que, forzosamente, debieron producir hundimientos de ese fondo a medida que progresaba la sedimentación. De otra manera, cuesta aceptar que no se hayan rellenado las cuencas marinas, a la manera como lo hacen hoy ciertos lagos, sobre todo teniendo en cuenta que algunas capas sedimentarias tienen hasta 15.000 metros de espesor. Pues bien: el hundimiento del lecho del mar, acercó las capas profundas al núcleo terrestre de elevada temperatura, de suerte tal que éstas fueron suficientes para fluidificar los elementos de que aquellas estaban constituídas. Las orillas del mar, escapando a la acción del núcleo, se dispusieron, pues, como marcos que encuadraban las partes más blandas de los sedimentos abisales y prosiguiendo el enfriamiento nuclear las capas sedimentarias del mar fueron presionadas por los marcos laterales, del mismo modo que una lámina de acero puede ser curvada bajo la presión de un alicate. Como consecuencia de esta presión, los sedimentos se levantaron encorvados, e invirtieron su cuenca. Según los geológos este primer plegamiento ocurrió en el fondo del mar, y fué necesario un período de tiempo muy largo para que nuevos esfuerzos, lograran sacar el pliegue fuera de los mares y dar lugar así, a la cadena montañosa. Es muy probable que durante los esfuerzos sucesivos para salir el pliegue fuera de las aguas, se produjeran nuevas sedimentaciones sobre los pliegues ya formados, pues así lo reconocen los investigadores de las masas montañosas. Las masas sedimentarias más profundas, las que fueron plegadas primeramente, por haber sido sometidas a grandes temperaturas y presiones, forman la base de los pliegues y presentan estructura metamórfica.

Según esta teoría, los esfuerzos tangenciales no han sido iguales en ambas orillas del mar; una de éstas se mantuvo más rígida: es lo que constituye el "antepaís"; el otro, empujó la masa plegada dando dirección a los pliegues: es el "transpaís". Cabe agregar que esta disposición de las capas geológicas es con frecuencia complicada por composiciones volcánicas, fallas, materiales cristalinos colados a través de las capas, etc. Se deduce, pues, de lo expuesto, que según esta hipótesis, todas las montañas han tenido su origen en el fondo del mar. Los grandes océanos actuales, como el Pacífico y el Atlántico, darán, sin duda, origen a formaciones análogas, pues los movimientos tectónicos no han cesado ni los fenómenos de la sedimentación han concluído de producirse en los mares.

TEORÍA DE LA EXPANSIÓN DE READE. — Este autor admite la existencia de dos fuerzas tangenciales en la producción de los pliegues, pero en lugar de atribuirlas al enfriamiento nuclear, prefiere relacionarlas con la expansión, que en determinados sectores de la corteza produce el aumento de temperatura geotérmica. Además, aduce como causas accesorias de las expansiones mencionadas, fuerzas de orden químico o simples fenómenos de hidratación. Contra esta teoría se ha dicho que si se cumpliera, la intensidad del plegamiento debería descrecer hacia la periferia.

TEORÍA ISOSTÁTICA DE DUTTON. — Explica los pliegues por el efecto deformante de los movimientos de rotación y de traslación de la Tierra. Cuando la Tierra estuvo fluída, tendió al aplastamiento polar y al ensanchamiento del ecuador. El equilibrio de aquellas fuerzas fué logrado ("equilibrio isostático), pero más tarde la erosión fluvial desplazó hacia las orillas del mar tierras continentales las cuales aumentaron la presión y originaron una tendencia de deslizamiento isostático hacia los continentes y a lo largo de los mares. Las presiones que así tuvieron origen, determinaron la formación de pliegues en el sentido de las presiones y de ahí que la mayor parte de las montañas se presenten paralelamente al mar.

TEORÍA DE WEGENER. — Admite las fuerzas tangenciales como causa de los plegamientos diciendo que estos son el resultado "de un acortamiento por compresión bajo el régimen isostático". Cuando una masa continental flotando en el sima se acorta por compresión (causada, en parte por el esfuerzo del sial al navegar en el sima), el aumento de espesor debe hacerse de modo que la relación de las alturas a uno y otro lado de la superficie del sima subsista la misma en todas partes. Así, pues, la masa empujada hacia abajo, durante la compresión, debe tener un espesor veinte

Lapparent explica la formación de los pliegues. Apílese sobre una mesa (fig. 57) hojas de papel (A) y comprimáseles por medio de una tabla encima de la cual se coloca un peso cualquiera. Hecho esto, prodúzcase una presión lateral enérgica, de ambos lados, sobre la pila de papel. Se podrá ver entonces, que la pila papel, sufriendo a la vez la presión vertical del peso colocado sobre la tabla y dos presiones horizontales, se pliega, en un infinito número de pliegues diferentes unos de otros, algunos rectos y verticales, otros inclinados e irregulares, algunos recostados, etc., (B). En la figura 57 A, vemos hojas de papel apiladas unas sobre otras y sometidas únicamente a la presión vertical: son paralelas y horizontales. En la fig. B, las mismas hojas sufren una doble presión lateral: por ello se pliegan tanto más enérgicamente cuanto más fuerte es la presión...

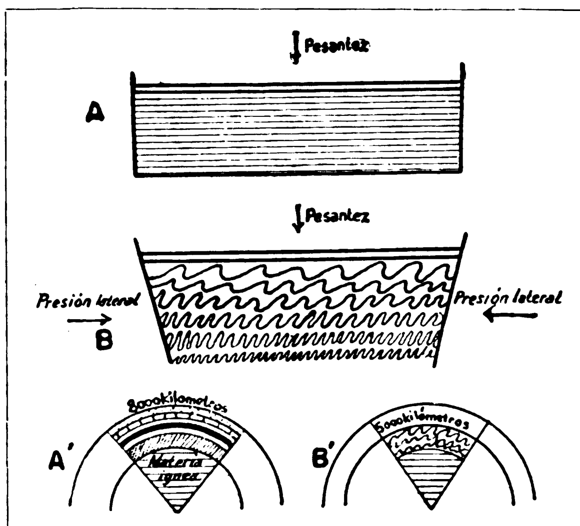


Fig. 57. — *FORMACION DE LOS PLEGAMIENTOS TERRESTRES. — Demostración experimental según A. de Lapparent.*

En la fig. A', una serie de capas sedimentarias de la superficie del globo se encuentra en igual situación, que las hojas de la fig. A: están dispuestas regularmente en el fondo de las aguas y forman estratos paralelos que sufren la acción normal de la pesantez. Pero en la fig. B', estas capas sedimentarias se encuentran en la misma situación que las hojas de la fig. B. La materia ígnea del interior, se ha enfriado y contraído parcialmente; las capas sedimentarias se han hundido para llenar el vacío dejado por el retiro de la materia ígnea. Las capas sedimentarias que, en la superficie, ocupaban una extensión de 8.000 kilómetros, deben ahora, lógicamente, ocupar, en las profundidades, un espacio de 5.000 [*59*, págs. 43 y 44].

La teoría de la contracción del núcleo terrestre para explicar el origen de los pliegues, ha motivado serias objeciones de geólogos renom-

veces mayor que la que sobresale para arriba. Lo que vemos de montaña no es, pues, más que una pequeñísima parte de la masa total contraída o sean las capas que se encontraban por encima del nivel del mar. En el caso de que el lugar de plegamiento hubiera sido ocupado previamente por una capa de sedimentos, la cadena estaría formada totalmente por éstos. Pero la erosión arrasa poco a poco la cubierta sedimentaria. Poco a poco, pues, la isostasia, hace emerger el pliegue central formado de rocas primitivas. Cuando finalmente, la cubierta sedimentaria ha sido ya desmantelada del todo, asoma una extensa montaña primitiva. El Himalaya, es un buen ejemplo del primer caso. Sedimentos plegados, fueron sometidos a una erosión tan intensa que los glaciares han sido casi sepultados por los derrubios (el glaciar del Baltoro posee 15 morenas centrales). Los Alpes son ejemplo del segundo caso: la zona central de estas montañas está ocupada por rocas primitivas; a un lado y otro la flanquean zonas sedimentarias; como la erosión es menos intensa en la roca primitiva, los glaciares alpinos son pobres en morenas. Por último, las montañas noruegas constituyen el tercer tipo: en ellas ha desaparecido por completo la capa sedimentaria y la elevación de la cadena primitiva ha terminado. (Extracto de "La Génesis de los Continentes", por A. WEGENER).

brados. Así, por ejemplo, M. P. Rudzki hace notar que de igual manera que lo que ocurre con una fruta en vías de resecarse, la corteza terrestre sería apta para producir pliegues en cualquier parte, pero a esta objeción se ha contestado diciendo que ella no tiene constitución ni grosor homogéneos y que, por consiguiente, hay lugares que son aptos para ceder a las fuerzas tangenciales en forma de pliegue, mientras que otros se comportan como porciones indeformables. (Ver página 75, notas).

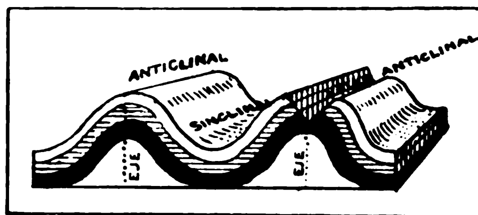


FIG. 58. — *Anticlinal, sinclinal, valle anticlinal y valle sinclinal. — Pliegues normales.*

DIFERENTES CLASES DE PLIEGUES. — La parte saliente de un pliegue, se llama *anticlinal;* la parte entrante, *sinclinal.*

Cuando las capas no han tenido la suficiente elasticidad para realizar la curva que el esfuerzo tectónico les exige en la parte alta, se rompen y dan lugar a la formación de un *valle anticlinal.* Cuando hay dos pliegues paralelos, las bases que se unen forman un *valle sinclinal.*

Se dice que el pliegue es *normal* o simétrico, cuando su eje forma con el horizonte un ángulo de 90 grados (fig. 58). Cuando el eje está inclinado sobre el horizonte, se llama *pliegue inclinado* (fig. 59) y cuando uno de los lados se vuelca sobre la capa horizontal, *pliegue recostado.*

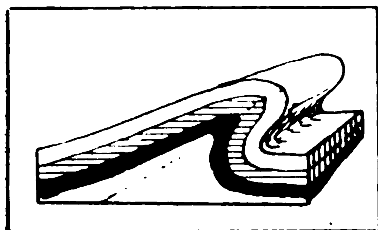


FIG. 59. — *Pliegue inclinado.*

Los pliegues recostados tienen una gran trascendencia del punto de vista geológico, pues gracias a ellos se han operado las *inversiones* que han colocado en las partes más superficiales los terrenos más profundos (figura 60).

Algunos pliegues adoptan disposiciones particulares; por ejemplo: el *pliegue en abanico* (fig 61). Las materias plásticas de que estaban formados sus estratos, no pudieron mantenerse erguidas y se aplastaron, por su propio peso, en la superior. Los pliegues pueden ser *conformes,* vale decir, que sus estratos siguen una dirección mutuamente paralela; el estereograma de la figura 58 es un ejemplo de ello; pero muchas veces las capas geológicas se superponen a otras anteriormente formadas y entonces los estratos tienen diferentes direcciones. A este fenómeno se llama *discordancia de estratificación.*

Estas diferentes clases de pliegues y otras que no mencionamos pero que pueden encontrarse en cualquier tratado de geología, no se presen-

tan, por lo general, en la forma sencilla que hemos supuesto, pues una vez de formados, han actuado, a veces intensamente, los fenómenos de erosión (desgaste por las aguas, por el viento, etc.) En los textos de geología se ofrecen como ejemplos de pliegues bien conservados (vale decir, poco modificados en su estructura originaria) a las montañas del Jura (Francia). En efecto: este plegamiento data de la mitad de la Era Terciaria; es, pues, relativamente joven y, por consecuencia, la erosión no ha tenido tiempo de hacer grandes transformaciones.

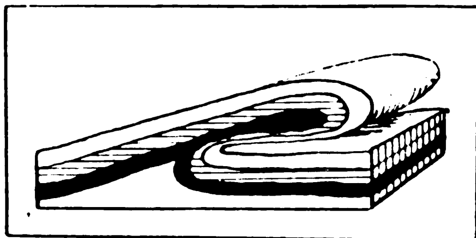


Fig. 60. — *Pliegue recostado.*

El plegamiento ha procedido del Este de la región alpina. Esto puede verse, porque las cadenas más altas están al oriente. Los distintos pliegues se mantienen en situación más o menos paralela y los anticlinales sólo ofrecen leves cortaduras.

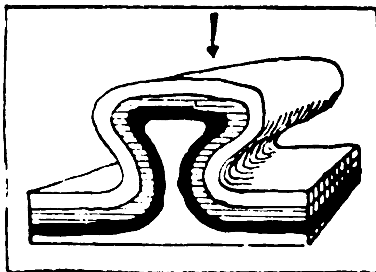
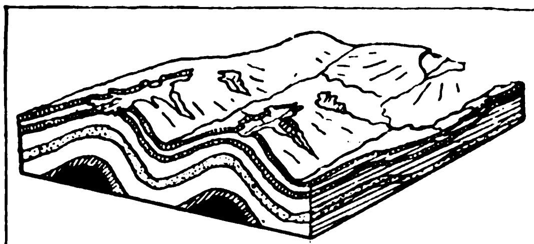


Fig. 61. — *Pliegue en abanico.*

Pero aun mismo en el Jura, pueden verse transformaciones muy grandes de las formas tectónicas originarias. En la fig. 59 se pueden distinguir las formas tectónicas originarias casi sin alteración. En la figura 63 se han esculpido, por desgaste fluvial, vastas depresiones en los anticlinales, formando verdaderas bocas, que si se acentúan pueden dar lugar a una *inversión del relieve* (fig. 64), pues los anticlinales primitivos pasan a formar entrantes, mientras que los sinclinales forman la parte saliente.

Los *Vosgos* (Francia son, en cambio, ejemplos bien elocuentes de plegamientos antiguos. Estas montañas datan de la Era Primaria, y, por lo mismo, sus cadenas o pliegues han sido fuertemente desgastados. Sus formas originarias han sido redondeadas por las aguas. Estas han cavado, además, valles transversales muy numerosos. Un hundimiento central, separó el antiguo macizo en dos partes: los Vosgos y la Selva Negra. Entre ambos quedó un valle recorrido por el Rhin.

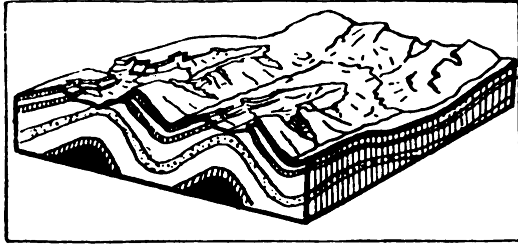


(Dib. según Martonne)

Fig. 62. — *Formas tectónicas originarias del Jura, donde casi no ha actuado la erosión.*

II. Fallas

No siempre los estratos terrestres tienen la suficiente elasticidad para resistir el esfuerzo que el pliegue demanda, y entonces se produce una ruptura que se denomina *falla*. Cuando en un terreno fallado actúan fuerzas descendentes o ascendentes distintas, se produce una diferencia de nivel llamado salto de falla (figura 65 B).



(Dib. según Martonne)

Fig. 63. — *Formas tectónicas profundamente desgastadas por la erosión.*

Hay fallas longitudinales y transversales. Las primeras tienen la misma dirección que los estratos. Las segundas son más o menos perpendiculares a la dirección de aquéllos.

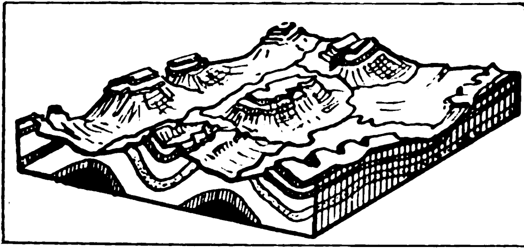


Fig. 64. — *Inversión del relieve originario por desgaste fluvial.*

Cuando se producen varias fallas paralelas verticales, se origina un *escalonamiento geológico* (figura 65 C). A veces, se produce, a merced de las fallas, un hundimiento del macizo primitivo. El estereograma de la fig. 66 nos muestra el mecanismo de la fosa en líneas geométricas; pero cabe decir, que aun cuando las fallas suelen presentarse en formas bastante regulares, la acción desgastadora del agua y de los agentes atmosféricos transforma las aristas producidas por los saltos de falla y da al paisaje la forma que puede apreciarse en la parte inferior de dicha figura. La fig. 67, presenta un croquis de la misma región del Rhin, pero con una escala de alturas muy exagerada.

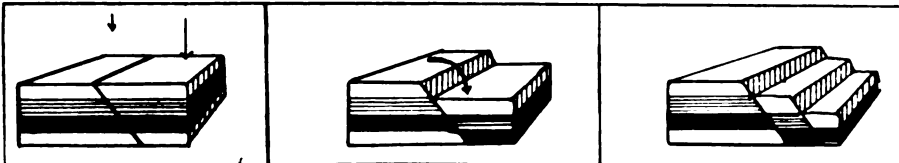


Fig. 65.

A. *Falla.* B. *Salto de falla.* C. *Escalonamiento geológico.*

La más grande de las fosas conocidas está en Africa. Comienza en el Lago Nyassa, sigue por Kilimandjaro, los Grandes Lagos, por Abisinia y se prolonga hasta el Mar Muerto y Valle del Jordán [*141*, Tomo III, 3ª parte].

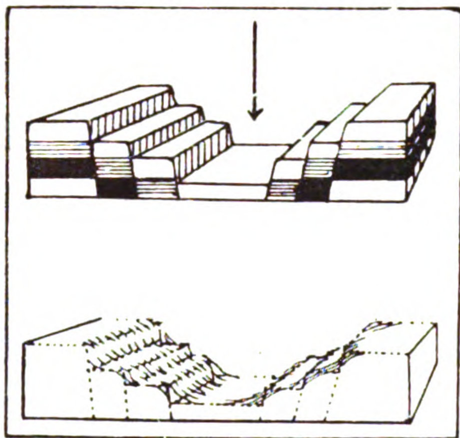


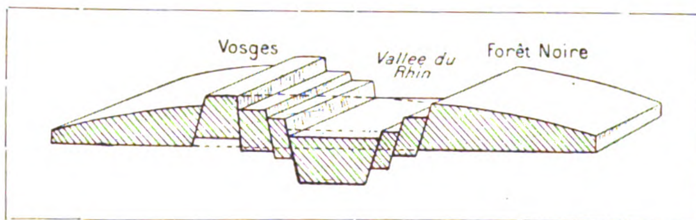
Fig. 66. — *1. Producción de una fosa por hundimiento central de una región fallada. 2. Transformación del escalonamiento geológico por erosión.*

Otras veces, en lugar de hundirse el terreno comprendido entre fallas centrales, resiste y, en cambio, se hunden los trozos comprendidos entre las fallas laterales. Se ha formado así un *horst* o *pilar*. Suess llamó horst a esta clase de formaciones, tomando una palabra de los mineros alemanes [*141*, Tomo I, página 163] [1].

Los horst o pilares son causa determinantes de verdaderas montañas, así como las fosas son causa de valles.

Las fallas pueden ser *horizontales*, *verticales* y *oblicuas*. Estos tres nombres indican su situación con respecto a la dirección de los estratos. Las oblicuas pueden, además, ser *conformes*, cuando el plano de la falla sigue la inclinación de las capas y *contrarias*, cuando siguen el sentido inverso de la pendiente de capas.

Influencia de las fallas en la topografía. — Es fácil comprender que la influencia de las fallas en el aspecto topográfico es muy variada, según sea la clase y situación de aquéllas. De un modo muy general, puede decirse que las fallas conformes no alteran mayormente el relieve, pues el salto es siempre moderado por la suavidad de las pendientes. A la inversa, las fallas contrarias, producen grandes alteraciones del nivel, las aguas tienden a juntarse a lo largo de la falla y forman verdaderos lagos, tales como los



(Dib. Leiba)

Fig. 67.
Croquis del hundimiento de la fosa del Rhin

1. Para un estudio local de los horsts, con provecho para las generalizaciones, véase también [**141**, Tomo I, pág. 261 a 271].

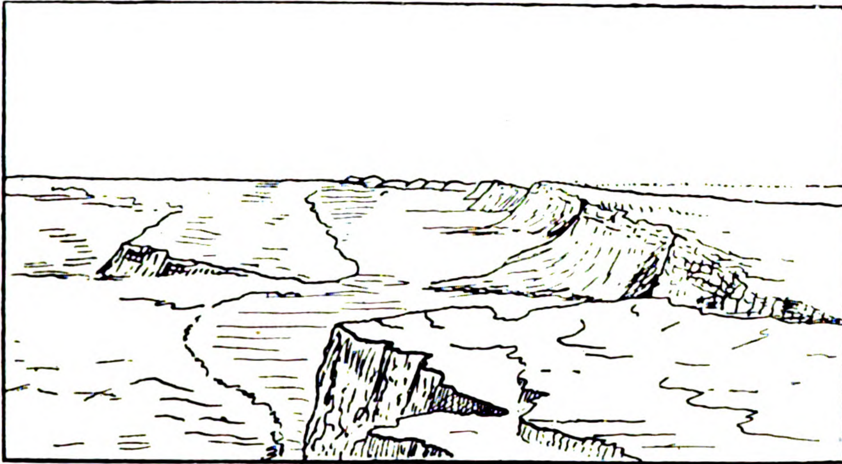


FIG. 68. — *Lagos formados por fallas con varias en el Estado de Oregón. (Según Russell)*

que describe Russell, pertenecientes al Estado de Oregón *(Lago Albert,* etc.) [*141*, Tomo I, pág. 800, nota].

En algunas partes, la estructura de las cadenas montañosas está formada por fallas. Siemiradzki nos ha presentado un corte desde el Atlántico al Río Paraná, en el Estado de Paraná (Brasil) que muestra muy bien esa disposición a que aludimos.

Pero las estructura falladas son fuertemente trabajadas por la erosión. Ella ataca las aristas de los escalones geológicos, rellena los entrantes y poco a poco desaparece las escarpadura, dejando, en cambio, una serie de cortaduras transversales que las aguas hacen retroceder y ampliar cada vez más. Los estereogramas de la fig. 69, muestra la evolución de la escarpadura de una falla por desgaste del agua. Pero aun en el caso de un desgaste total, *(falla nivelada)* es fácil reconocer la existencia de la falla por la forma de espolón que adoptan las alineaciones de tierra a lo largo de una línea, por el lecho de los ríos, el cambio de naturaleza de tierras, etc.

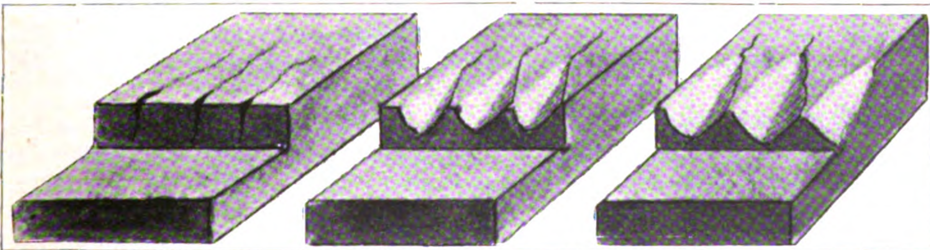


FIG. 69. — *Estereogramas demostrando la evolución de la escarpadura de una falla por desgaste del agua.*

Las fallas y las fosas según Wegener

Para Wegener, las fallas constituyen el principio de la separación (*disyunción*) y según él su teoría no se opone a la explicación conocida. Primero se produce una fractura de estallido en las capas frágiles superiores, mientras se estiran las inferiores por ser más plásticas. Como la resistencia insuficiente de las rocas a la compresión no permite la elevación a gran altura de paredes verticales, al mismo tiempo que la fractura o en su lugar, se forman planos inclinados de desgajo que penetran más y más a medida que se abre la falla y van acompañados de numerosos sismos locales (terremotos). Así, la fosa tectónica tiene siempre profundidad moderada, cuyo fondo está constituído por paquetes hundidos de la misma roca que compone sus labios. En esta fase de su formación, la fosa no está aún compensada isostáticamente y la anomalía puede medirse. Además los labios de la falla se elevan para restablecer el equilibrio isostático, de tal modo que la fosa parece ocupar a lo largo la cabeza de un anticlinal (Selva Negra y Vosgos con el Valle del Rhin). En fin, cuando la falla se abre hasta la base del bloque, el sima se eleva por ella y rellena la falta de masa que se había originado, por lo cual se cumple la isostasia.

En este caso, también el fondo de la fosa aparece cubierto por los paquetes hundidos de los labios, pero si la separación sigue su curso, llegará un momento en que asomará el sima (Mar Rojo). Si el alejamiento es mayor aún, las partes desgajadas concluirán por formar islas.

Cuando el hundimiento, en lugar de ser lineal, afecta una gran extensión, los bloques se hunden a profundidades desiguales, y las fallas, en virtud del estiramiento interno de las capas concluyen por desaparecer (Mar Egeo).

(Adaptación de *La Génesis de los continentes*, por A. Wegener).

Movimientos epirogénicos

Los grandes movimientos tectónicos que determinan la configuración superficial de la tierra, no son únicamente los pliegues y las fallas que hemos mencionado hasta ahora. Existen, además, movimientos lentos que abarcan grandes conjuntos y son llamados en geología, *movimientos epirógénicos*, siguiendo la terminología del americano Gilbert, quien la empleó por considerar que abarcaban conjuntos tan grandes como los continentes. Los franceses prefieren llamarles *movimientos de conjunto.*

El físico sueco Celsio fué el primero que practicó medidas directas, no para probar el crecimiento de la península escandinava, como lo aseguraban los pueblos pescadores del Báltico, sino para demostrar que, si efectivamente el Golfo de Botnia disminuía lentamente de profundidad, confirmaba sus sospechas acerca de la disminución del nivel del mar.

La errónea concepción de Celsio, sirvió, no obstante, para que se hicieran nuevas hipótesis y se practicaran numerosas medidas. Todas éstas, en efecto, demostraban el movimiento de la Península, es decir, que el continente se levantaba. El Golfo de Botnia perdía, pues, profundidad, no porque el nivel disminuyera, sino porque el fondo subía. Pero medidas practicadas más al Sur, demostraban otra cosa. Mientras que en la desembocadura del Tornea, el continente se levanta me-



(Fot. Robin "La Terre").

Fig. 70. — *Columnas del Templo de Serapis, en las que pueden verse los agujeros practicados por moluscos litófagos.*

tros 1,60 cada 100 años, en las Islas Aland, sólo se levanta un metro y, por último, en Escania, la parte meridional de Suecia, no sólo no se levanta, sino que se hunde [1]. Estos hechos — observados en muchas partes del globo — autorizan a creer que ciertos lugares del planeta están sufriendo verdaderos movimientos de báscula, cuya influencia general en el relieve geográfico no puede desconocerse [2].

El Templo de Serapis. — En la mayor parte de los manuales de geografía física se cita el Templo de Serapis como una prueba irrefutable de los movimientos epirogénicos. No lejos de Puzzoli, (alrededores de Nápoles) se levantan aún las columnas de un templo erigido por los romanos al Dios Serapis. Ellas presentan a la altura de m. 3.60 del nivel del mar, perforaciones hechas por moluscos litófagos, que viven en el agua. Para que esas perforaciones se hayan realizado, ha sido, pues, preciso que las columnas descendieran y hubieran vuelto a subir. El templo fué, en efecto, reparado en tiempos de Marco Aurelio y, por lo tanto, debió encontrarse entonces sobre el nivel del mar. Más tarde — se ignora cuando — hundióse el trozo de costa que lo sustentaba y hay quien sostiene que otra vez de nuevo, en 1538, cuando la erupción del Monte Nuovo, volvió a subir. De

1. Varias calles de las ciudades de Trelleborg, Istad y Mahure, han desaparecido ya; ésta se ha hundido metro y medio desde las últimas observaciones de Linneo y la costa ha venido a perder una zona de 30 metros de ancho. — RECLUS.

2. El geólogo Wegener se inclina a creer que los movimientos epirogénicos son una consecuencia del desplazamiento de los polos y el avance de los hielos polares.

esta suerte, la parte baja del templo habría estado sumergida durante cinco siglos y medio, tiempo durante el cual se habrían hecho las perforaciones.

Pero este ejemplo, tan impresionante a primera vista, no demuestra la existencia del movimiento epirogénico. Según Suess [*141*, Tomo II, pág. 638] los estudios del templo de Serapis y del Puente de Calígula, evidencian que los movimientos difieren en absoluto de los del Mar Báltico. Ellos se distinguen: 1º Por su localización muy estrecha; 2º Por el carácter brusco e intermitente de la faz negativa.

Grandes movimientos epirogénicos han afectado — según los geólogos — el continente Sud - Americano. Al finalizar la era secundaria, o, acaso antes, se produjo un gran levantamiento que fué interrumpido, en diversas épocas por hundimientos que motivaron la invasión del mar. Estas invasiones, sin embargo, no tuvieron — según K. Walther [*158*, pág. 232] gran trascendencia, pues el mar no avanzó sino en estrechas zonas. Cabe agregar, sin embargo, que los geólogos reconocen en las masas continentales actuales, una tendencia a proseguir el levantamiento y algunos de ellos afirman, en efecto, que ese movimiento positivo no ha cesado. La comprobación de movimientos epirogénicos en nuestro país, reviste gran importancia del punto de vista geográfico, pues ellos explican ciertas formas topográficas que de otra manera no serían concebibles.

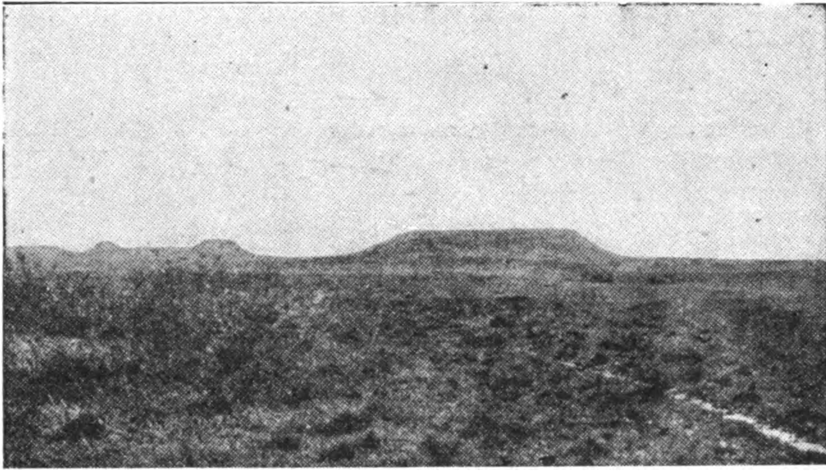


FIG. 71. — *LOS TRES CERROS.* — (Dep. de Rivera). — *Formas típicas del norte del Rio Negro. — Cumbres aplanadas* [*de 158, fig. 47*].

II. — LA LITOESFERA

LAS MONTAÑAS

Desde muy antiguo los geólogos y geógrafos han tratado de hacer una clasificación racional de las montañas, pero los múltiples aspectos en que puede ser considerado el relieve terrestre, han hecho fracasar, en parte, ese propósito, pues ninguna de las clasificaciones propuestas abarca el conjunto de formas y de constitución que aquéllas pueden ofrecer a los observadores.

CLASIFICACIÓN DE LA MONTAÑA POR SU FORMA. — Para establecer una clasificación de las montañas por su forma, es necesario tener en cuenta el aspecto de la cumbre, la inclinación de las laderas y el plano de su base. Las cimas pueden ser, en efecto, de *cumbre aplanada,* como el Monte Tabla, cerca de la ciudad del Cabo (Sud - Africa) o la gran mayoría de los cerros del norte de nuestro país, como ser Tres Cerros del Departamento de Rivera (fig. 71); de *cumbre de cúpula* o redondea da, como el Pan de Azucar nuestro (fig. 72) y también de cumbre en forma de *agujas dentelladas, torreones,* etc., como se ven en el Macizo del Monte Blanco (fig. 73).

El corte vertical al plano está de acuerdo generalmente con estas formas de las cumbres. Así, las montañas de cima aplanada, presentan una sección vertical de cono truncado, y las agujas y torreones, de cono empinado. Ejemplo de las primeras son los cerros del Norte de nuestro país, y de las segundas, las Agujas del Plan de Blaitiére, del Ma-



(Fot. Of. Com. Ext.)

FIG. 72. — *EL PAN DE AZUCAR. — Cúpula típica del paisaje granítico del Uruguay. — Departamento de Maldonado.*

cizo del Monte Blanco (fig. 73). El Cerro de Montevideo es también un ejemplo de montaña de cono con base extendida, condición esta última que hace sus pendientes muy suaves.

En nuestro país no hay verdaderas montañas. Las cumbres redondeadas, dispuestas en líneas sinuosas, que dividen las aguas de los ríos y arroyos, y que reciben el nombre absolutamente inapropiado de *cuchillas*, no son, en muchos casos sino simples *divortium aquarum*, (separación de dos corrientes de agua) y los cerros, en gran parte, salientes algo pronunciadas de las cuchillas, no alcanzan alturas suficientes para merecer esa clasificación, según veremos más adelante.

CLASIFICACIÓN DE UNA MONTAÑA POR SU DISPOSICIÓN. — A veces, una elevación está aislada, pero frecuentemente aparecen parejas de cerros o de picos. En el Uruguay se suelen presentar dispuestos así, por lo cual la gente de campo les da nombres alusivos, por ejemplo: Dos hermanos (fig. 74).

Cuando se encuentran montañas cuyas cimas en corto número se agrupan, se dice que son formas de tránsito a cadenas o macizos montañosos.

En el trayecto de Piriápolis a Montevideo, se pueden ver, desde la línea férrea, interesantes tipos de disposición orográfica: los cerros de cúpula Pan de Azúcar, Burros y del Toro, son ejemplo de agrupaciones desordenadas, muy comunes entre las montañas graníticas. Más al Oeste, las cumbres se alinean y parecen tener unidas las bases: es la Sierra de las Animas, formada por los Cerros Betete, Tupambaé, Ventana, etc.; ésta es ya una cordillera en pequeño.

Las *cordilleras* se distinguen por su elevación considerable, su gran



FIG. 73. — *Agujas del Plan de Blaitiére, etc. en el Macizo del Monte Blanco.*

longitud y escasa anchura; ejemplo: Los Andes. Cuando hay varias líneas de montañas próximas, que obedecen a iguales orígenes geológicos o geográficos, se dice que forman un *sistema*. Ejemplo: el Aconquija en la Argentina.

Nudo es el punto donde se juntan dos o más cordilleras; ejemplo: el San Gotardo, en Suiza.

CLASIFICACIÓN DE LAS MONTAÑAS POR SU ALTURA. — Los diccionarios definen el término montaña como «una gran masa de tierra o de roca muy elevada sobre el terreno que la rodea». Como se vé, en esta definición no hay ninguna diferencia entre montaña y colina, distinguiendo éstas de aquéllas como «una elevación de terreno menor que una montaña». Es que para la geografía física todas las elevaciones de terreno son montañas. Tan montaña es, por ejemplo, el Cerro de Montevideo con 138 metros de altura, como el Aconcagua con 7.250. Los geólogos alemanes han intentado, sin embargo, una clasificación por la altura, llamando *países llanos* (Tiefländer, cuya traducción literal sería «tierras bajas») [1] a los que no llegan a una altura media de 200 metros; *montañas medianas* (Mittelgebirge), a las que no pasan de 1.000 metros entre el valle y la cumbre, y *altas montañas* a las que pasan esa altura.

---

1. Cierta nomenclatura alemana es completamente inadaptable al idioma castellano y, por ello nos parece inadecuada en más de un caso la que usa Karl Walther en sus "Estudios geomorfológicos" para designar formas del relieve uruguayo. Algo análogo pudo escribir Albert de Lapparent respecto de la adaptación de la terminología geográfica alemana al idioma francés. "Si estas denominaciones — decía — son admisibles en los países donde la lengua se presta a la creación infinita de nombres nuevos por la soldadura de vocablos agregados unos tras de otros, es imposible dar su equivalencia en lengua francesa" [**78**, pág. 702]. Y este inconveniente resulta un mal mucho más grave, cuando, como lo hace el propio Walther, su adaptación se reduce a una simple traducción literal.

Pero aun mismo estas cifras no son adoptadas por todos los geógrafos.

De un modo general puede agregarse que *con excepción de los dos grandes arcos montañosos de la Tierra* — vale decir, el que se levanta junto a las costas orientales y occidentales del Pacífico y el que atraviesa de Oeste a Este el Viejo Continente — *la mayor parte del relieve presenta la altura y las características de la montaña mediana* [*157*, tomo II, pág. 144].

No pasando las alturas mayores del Uruguay de 540 mts. (Pan de Azúcar) puede, pues, clasificarse, de acuerdo con la terminología alemana, de país llano pero casi tocando en la categoría de país de montañas medianas. Acaso el término *ondulado* empleado por los primeros geógrafos que describieron el territorio, sea el que mejor se adapta a sus características, pues aun cuando la Cuchilla Grande aumenta mucho de altura en el Norte de la República, sólo su continuación en el Brasil, y en lugares muy distantes de nuestra frontera (Sierra de Mantiqueira) merece el calificativo de montaña mediana.



FIG. 74. — *CERRO DOS HERMANOS (Uruguay). — Este grabado muestra dos cerros de nuestro país de laderas suaves y onduladas* [*Fot. de 159*].

CLASIFICACIÓN DE LAS MONTAÑAS POR SU ORIGEN. — Las montañas pueden clasificarse por su origen en tectónicas u orogénicas, de acumulación y de erosión.

Montañas tectónicas u orogénicas. — En capítulos anteriores hemos visto que los efectos de la contracción del núcleo central se traducen por fruncimientos de la corteza terrestre llamados pliegues o por rupturas denominadas fallas. Estas formas de la dislocación terrestre, originan dos clases de montañas, conocidas en conjunto por montañas tectónicas u orogénicas: las montañas de pliegue y las montañas de ruptura.

LAS MONTAÑAS DE PLIEGUE, están formadas por los anticlinales y constituyen rizos más o menos paralelos, con una tendencia, valga la frase de Lapparent, «a alinearse como olas sucesivas» [*78*, pág. 766]. En general, la intensidad del plegamiento puede apreciarse externa-

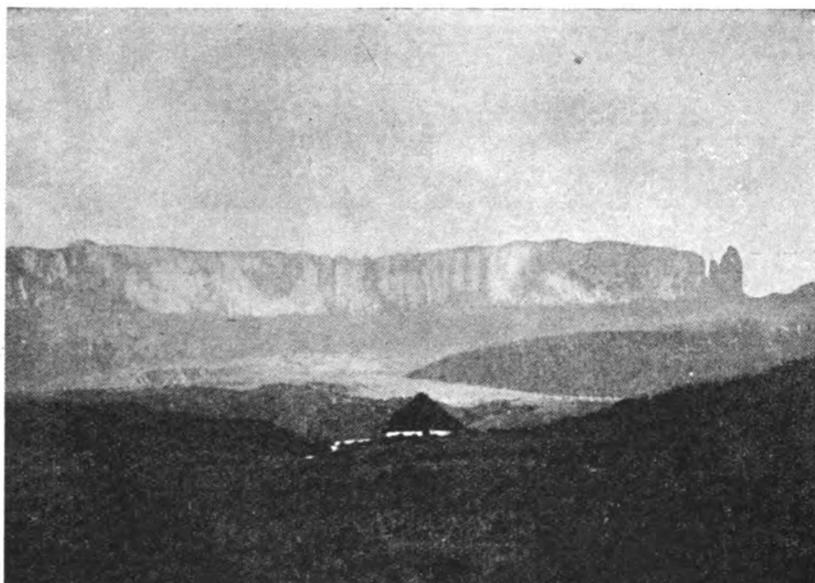


(Fot. Of. N. Comercio Exterior).

FIG. 75. — *SIERRA DE LAS ANIMAS.* — *Departamento de Maldonado.* — *Ejemplo de cumbres unidas por la base formando cordillera.*

mente por la altura del anticlinal, e internamente, por la inclinación de los estratos. Si la materia de que se ha formado el plegamiento es lo suficientemente plástica y a esto se agrega una intensidad del esfuerzo endógeno poco intenso, se produce una sucesión muy regular de anticlinales separados por sinclinales, con una perfecta concordancia de la disposición de las capas interiores con la exterior. Esta clase de montañas, se llama de *pliegues normales*, pero de hecho, no se encuentra en la naturaleza. A ello se opone el larguísimo tiempo que necesitan estas desformaciones para pronunciarse, tiempo durante el cual la erosión efectúa grandes transformaciones de las crestas, las corrientes de agua ahondan sus lechos, abren valles transversales y ponen al descubierto los estratos subyacentes *(desnudación)*.

Las montañas de pliegues complejos están representadas por el *tipo alpino*. En este tipo la intensidad del esfuerzo orogénico ha sido mucho mayor que en el tipo jurásico y presenta, casi exclusivamente, un empuje «unilateral», desde el geosinclinal, ocupado por las masas sedimentarias hacia los macizos jurásicos que se opusieron, con su rigidez, al desenvolvimiento de los pliegues. Esta disposición de los pliegues, detenidos por las masas rígidas más antiguas, explica bastante bien la abundancia de pliegues recostados, capas tropezadas cambiando bruscamente de dirección, los fenómenos de *charriages* etc., que caracterizan la cordillera de los Alpes. Estos últimos, desplazados a gran-



(Fot. Koch - Grünberg)

FIG. 76. — *EL MONTE RORAIMA. — (Guayanas - Brasil). Es un notable ejemplo de la acción del agua en la formación de las montañas. El subsuelo de granito, fué revestido posteriormente de gres. El agua se ha llevado la mayor parte de estos depósitos, pero sus restos forman escarpaduras que como en el caso del citado monte, se eleva a 1600 metros sobre el nivel del mar.*

des distancias sufrieron después la acción del desgaste, transformándose de tal modo que los geólogos tienen dificultad de reconocer su antigua situación. Hay que tener en cuenta, además que la actual estructura de los plegamientos alpinos no es obra de un sólo esfuerzo, sino que requirió repetidos esfuerzos. El mayor de ellos tuvo lugar en la mitad del mioceno, durante el cual se produjeron inversiones de las capas geológicas y un gran desorden en los pliegues. La gran altura adquirida por las masas emergentes y la complejidad de su estructura, facilitaron la formación y concentración de las nieves y de ahí la formación de los glaciares que, con la falta de redondez de las cimas, los picos violentos, la profundidad de los valles y la formación de lagos, constituyen un aspecto bien característico del sistema.

Los Andes y el Himalaya, son de tipo alpino.

MONTAÑAS DE PLIEGUES DESGASTADOS O DE TORSO.—El geólogo alemán Ritchthofen, dió en 1886, el nombre de montañas de torso *(Rumpfgeber)*, a cierto tipo de elevaciones, cuya historia revela un primitivo plegamiento, pero del cual no resta sino el tronco o torso, en virtud de la fuerte erosión a que han sido sometidos los materiales constitutivos. Muchas veces, se presentan, como características de las formaciones

de esta clase, las partes más salientes, formadas por los sinclinales, que eran las partes más resistentes y que se encontraban en el fondo de los valles *(inversión del relieve)*. Singularizan las montañas de torso, las formas redondeadas, sus alineamientos en cadenas más o menos paralelas y la forma típica de los valles longitudinales. Ejemplo de las montañas de torso son los Montes Aleganios, en los Estados Unidos.

El Macizo brasileño, descripto como un sistema de cordilleras en las geografías corrientes, no es sino un macizo montañoso de la era primaria, muy desgastado, donde han quedado resistiendo, los torsos o troncos de los plegamientos primitivos. Ese desgaste intenso debió acentuarse en virtud de un movimiento epirogénico, que levantó el continente, haciendo las pendientes mayores. Muy frecuentemente, aparecen junto a las montañas de torso, las montañas aplanadas, de planta más o menos redondeadas y de laderas en escalones llamadas *montañas de mesa* o *tabulares* que describiremos después.

MONTAÑAS DE RUPTURA. — Al hablar de las fallas hemos indicado brevemente el mecanismo de esta clase de relieve. Pertenecen, en efecto, a las montañas de ruptura aquellas que se han formado por el hundimiento de una región fallada, de suerte que, miradas desde el lado por donde ha ocurrido el descenso, se presentan como una sucesión de paquetes limitados por fallas. Ejemplo: los *Cevennes*, en Francia; las *Highlands* o Alta Tierras de Escocia.

Otro tipo de montaña de ruptura está constituído por macizos montañosos muy antiguos, desgastados por la erosión, que se han consolidado fuertemente, pero sobre los que actúa posteriormente un nuevo empuje orogénico, que les obliga a formar un nuevo pliegue. Este pliegue es siempre de un gran radio y no faltan nunca en él, hundimientos y levantamientos de trozos a merced de las fallas producidas por el nuevo esfuerzo. El ejemplo más repetido de esta clase de formaciones, es el que ofrece el Macizo Central francés, sometido a un empuje poderoso del plegamiento alpino.

Montañas de acumulación. — Las montañas de acumulación pueden ser de origen volcánico, eólico y glaciar.

Las de *origen volcánico,* como lo dice su nombre, no son sino los materiales del magma expulsados hacia el exterior de la Tierra por una grieta en torno de la cual se van acumulando, hasta formar conos más o menos elevados. (Véase más adelante el capítulo relativo a volcanes).

Las de *origen eólico,* han sido formadas por la acumulación de elementos impulsados por el viento. Las «dunas» pertenecen a esta categoría, según lo vamos a ver más adelante (Desiertos y costas).

Las de *origen glacial,* se deben al amontonamiento de piedras, barros, etcétera, hecha por las lentas corrientes de hielo que descienden de las montañas nevadas («ventisqueros»). Cuando estos acumulamientos

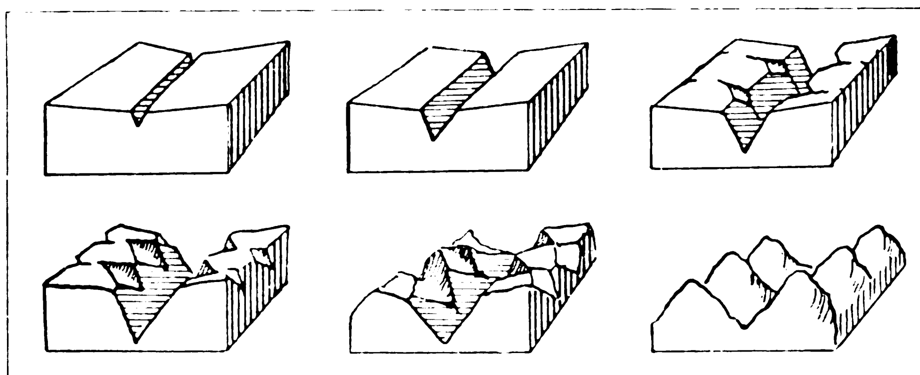


FIG. 77. — *Estereogramas demostrativos de la transformación de una llanura en región montañosa, por obra de un intenso desgaste fluvial.*

se cierran en media luna al pie del ventisquero, suelen dar lugar a lagos.

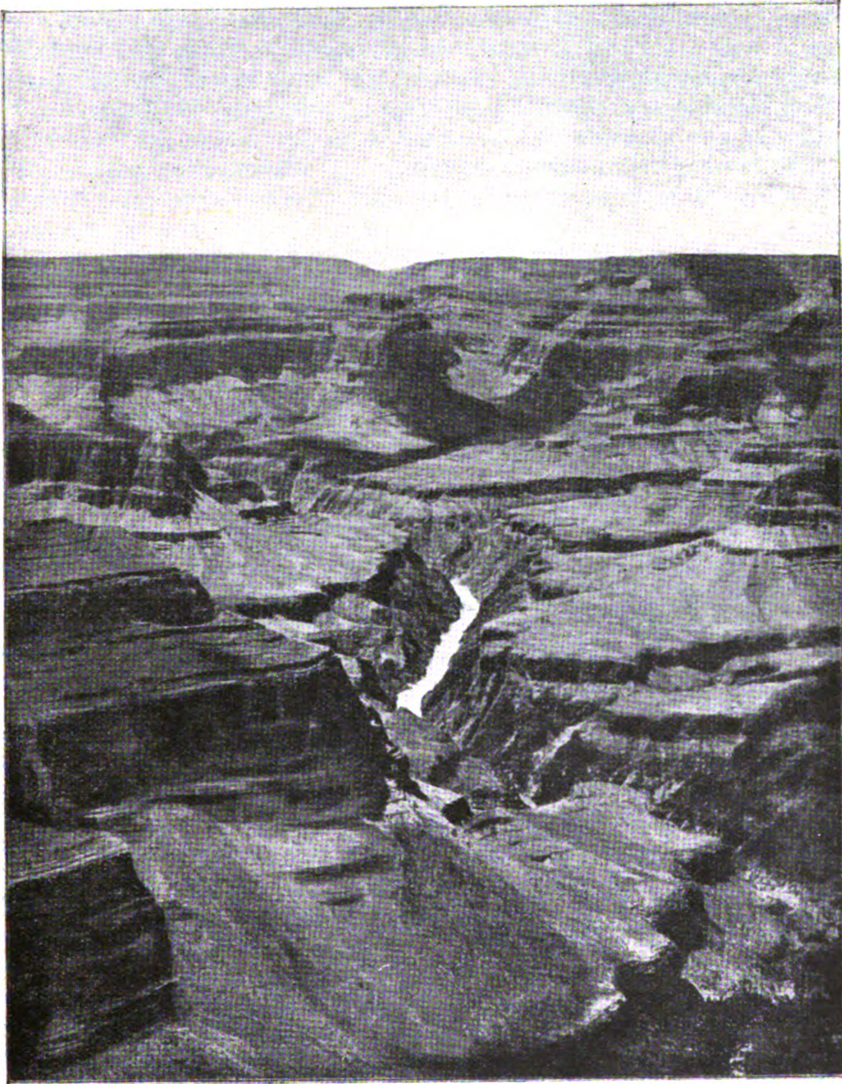
Montañas de erosión. — La erosión o desgaste, es la más extendida causa del relieve terrestre. La erosión puede tener origen *fluvial* (corrientes de agua), *glacial* (de hielos), *eólica* (vientos) y *marina.* Pocas veces una clase de erosión ataca sola, pues por lo común, se superponen las causas.

Los ríos están efectuando una constante transformación de su lecho por erosión mecánica y a veces química. Existe en ellos la tendencia de ahondar el cauce y a redondear las partes salientes de sus orillas. Cuando los terrenos sobre los cuales corren son duros, ese trabajo se hace dificultoso y requiere mucho tiempo para pronunciarse; pero pueden verse, en pocos años, verdaderas cortaduras hechas por las aguas. Una red fluvial puede hacer, de este modo, un intenso trabajo de transformación en un país originariamente llano y horizontal, hasta el punto de convertirlo en un país montañoso. Los estereogramas de la fig. 77, y la fotografía de la fig. 78, hablan elocuentemente a este respecto.

En algunos casos, la erosión se ha llevado la capa sedimentaria, dejando únicamente trozos aislados de ellas, formando lo que algunos geólogos llaman *cerros testigos.* Con frecuencia las rocas que constituyen la cima de estos cerros son resistentes, quedando por ello formado una plataforma, que se escalona poco a poco hacia el valle por donde corren las aguas. A esta clase de cerros, con cima aplanada y escalonamiento de sus laderas, se llama *Cerros Tabulares.* Cerros testigos, tabulares y de torso hay muchos en el Uruguay, según vamos a verlo en seguida (fig. 80).

FORMAS CONVEXAS DEL URUGUAY. — Este estudio somero de las formas más características de las montañas, nos permite ya abordar, aunque sólo sea en rasgos muy generales, el estudio de las formas conve-

EROSION FLUVIAL



(Fot. N. N.)

Fig. 78. — *CAÑON DEL RIO COLORADO. — Notable caso de erosión fluvial. Véase la gran profundidad a que corre el río. Las aguas empezaron su trabajo de desgaste en el nivel superior de las plataformas que se ven en la fotografía y ahora se deslizan a 1600 metros más abajo del nivel primitivo. Esto ha permitido el reconocimiento de capas profundas, de valor inestimable para la ciencia geológica. En la fotografía se distinguen muy bien la superposición de los estratos.*

xas del relieve nacional. El estudio posterior de las formas cóncavas (valles, llanuras y depresiones), completarán esta reseña.

En el Uruguay no existen verdaderas montañas. Aun cuando no conocemos con exactitud la altura de la mayor parte de sus cumbres ni tampoco podemos decir nada respecto del nivel medio del territorio — datos que revelará el mapa topográfico actualmente en ejecución — cabe afirmar que ninguna de sus cimas es mayor que la del Pan de Azúcar (540 metros). Por esta circunstancia y acercándose, acaso, el nivel medio a los 200 metros, no puede tampoco calificarse de país de montañas medianas. El calificativo de *ondulado* que le dieron los primeros geógrafos, es, a nuestro parecer, el más apropiado [1].

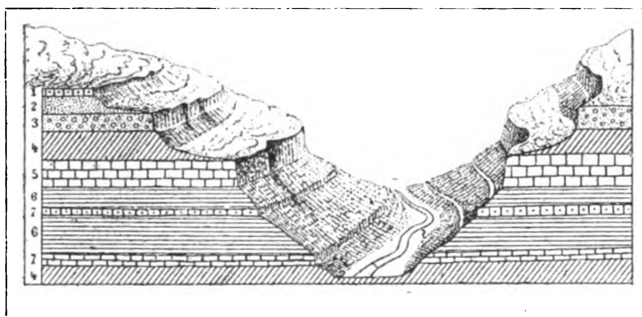


Fig. 79. — *CERROS Y COLINAS TABULARES.* — *Modo de realizarse el escalonamiento, en virtud de la diferente dureza de los estratos* [estereog. de *81* p. 279].

Las alturas del territorio pueden dividirse, por su disposición en *cuchillas* (colinas) y *cerros*. Las primeras entrañan una idea de continuidad o de alineación, mientras los segundos, sugieren un concepto de elevación que puede ser destacada en la misma cuchilla o en la llanura.

Las *cuchillas*, término que no concuerda en modo alguno con la realidad de las formas que ostentan, no tienen, en todo el territorio la forma de cordón con que aparecen en casi todos los mapas [2], pues, en algunos puntos están fuertemente deprimidas o no constituyen sino simples *divortium aquarum*.

La más importante de las cuchillas, la llamada Grande, tiene una estructura análoga a las montañas del Sur del Brasil, donde por su altura y constitución geológica, han merecido el calificativo de montañas de torso. Es de advertir, que la Cuchilla Grande, tiene un carácter muy próximo a este último en la parte que separa a Durazno, Treinta y Tres y Cerro Largo, por más de que aquí, predomine sobre cualquier otro rasgo, la continuidad de las lomas onduladas. Pero el carácter de montañas de torso suele aparecer en otros puntos del territorio, como

1. El calificativo "país bajo en tránsito a la de países medianos" que propone K. Walther en su "Bosquejo geomorfológico", no parece adaptarse muy bien a las exigencias de nuestro idioma.

2. El de Melitón González (edición 1902) exagera en tal forma este defecto, que la impresión del que observa ese mapa, es la de que el país está surcado por grandes cadenas montañosas. En cuanto al de los Sres. Méndez y Cortesi — el mejor de todos cuantos se han publicado — indica como cuchillas, alturas que no pasan de ondulaciones débiles o simples pendientes.

ser en el departamento de Rivera, donde se confunden con las formas tabulares; en el departamento de Maldonado, en Minas, etc.; en tanto que en otros sitios el desgaste ha sido tan intenso que apenas si se les puede reconocer como simples ondulaciones.

Los cerros se presentan en dos formas bien distintas: de cúspide redondeada (cúpula, cono, etc.) o de cima aplanada (mesas o cerros tabulares).

Los de cima redondeada, predominan especialmente en el Sur del país, donde el fundamento cristalino no ha sido recubierto por la estra-



(Fot. R. Sienra).

FIG. 80. — *CERROS DE BATOVI.* — *(Dep. de Tacuarembó).* — *Formas de relieve tabular.*

tificación de Gondwana; pero se les suele encontrar al Norte del Río Negro, emergiendo, por así decir, de los depósitos sedimentarios de la mencionada formación.

Obedecen estas formas redondeadas a la constitución granítica del suelo de suyo tendientes a dar formas redondas y también a la descomposición profunda que en ellas originan las vegetaciones. Pero no es necesario que toda la montaña esté constituída de rocas graníticas, para conservar formas redondeadas. Walther cita como ejemplos de montañas redondeadas el Cerro de Montevideo y el Cerro Redondo de Minas, que sólo han resistido una destrucción por tener la cima cubierta de rocas duras, mientras sus laderas son fácilmente descomponibles. Otras veces, por razones de clima, que estudia la geología, las formaciones de esquistos cristalinos, como ser cuarcita y gneis cuarcítico, tienen un corte transversal redondeado (Ejemplo: el Cerro Largo, en el punto donde lo corta el Aº Guazunambí, según Walther).

Los cerros tabulares existen en el fundamento cristalino y en la formación del Gondwana, más en ésta que en aquél.

El autor mencionado más arriba clasifica de cerros tabulares al de Arequita y a los que se encuentran dentro de la zona que, "iniciándose al N. de la ciudad de Minas, se continúa cruzando el camino que conduce de esta ciudad a San Antonio del Aiguá en dirección N. E., hasta la parte más septentrional del departamento de Maldonado y más allá. El grupo de cerros — agrega — situados cerca de esta localidad, formado por los cerros Cabrera, Aguila y Minuano, tienen un aspecto típico tabular". [*158*, pág. 269].

Más típicos son los cerros tabulares del Norte de la República, verdaderos cerros testigos, de formaciones, mucho más grandes que han



FIG. 81. — *FERROCARRIL DE SANTOS A SAN PABLO. — El viaje por esta línea férrea que alcanza a más de 1000 metros de altura apenas se avanza 25 kilómetros del mar, permite distinguir la influencia del clima en la vegetación. Esta a medida que se asciende, es menos densa y cambia de aspecto según la elevación.*

desaparecido. Revisten especial interés, los que se encuentran en los departamentos de Rivera y de Tacuarembó, entre el Río Negro y la ciudad de Rivera. Las alturas presentan — según Walther que las ha estudiado — resto de una formación de areniscas llamadas de Río do Rasto, deleznable sobre la cual hay otra de rocas más resistentes, llamadas de Botucatú.

LA MONTAÑA, LA NATURALEZA Y EL HOMBRE

Las formas positivas del relieve terrestre, ejercen una función trascendente sobre la naturaleza y el hombre. Esta función puede concretarse así:

1º *Influencia de la montaña sobre el clima.* — El clima deducido de las zonas geográficas — trazadas a su vez con dependencia de la distancia al ecuador — se modifica en virtud de una mayor elevación sobre el



FIG. 82. — *COSTUMBRES DE LOS VALLES.* — ***Mujeres de los valles de Bolivia, hasta las cuales no llegan las modas de París. El transcurso de los siglos, no han modificado su indumentaria clásica.***

nivel del mar. A mayor altura corresponden temperaturas más bajas. Los Andes, en el ecuador y el Himalaya, junto al trópico de Cáncer, mantienen las cumbres heladas mientras a su pie la llanura o la meseta reverbera con los rayos de un sol de fuego. Hay, pues, en la montaña una zona de temperaturas intermedias, entre las que reinan en la cumbre y en la base. Cuando la montaña está en las regiones cálidas, sus laderas llaman, en el verano abrasador, a las poblaciones del llano. Así el colombiano del litoral, emigra a la montaña andina; el habitante de Teherán, busca refugio en las faldas del Domavend y el de Río de Janeiro en Petrópolis, en la Sierra de los Organos. En otros lugares, la montaña, obra a la inversa: temperaturas demasiado bajas del invierno, repelen los hombres y los ganados hacia el valle; así se ha generado la *trashumancia,* costumbre que tiene por objeto, en los países montañosos, pasar los carneros a la montaña y regresar de ella cuando lo exigen los pastos [1].

1. **La trashumancia.** — "En efecto, en el cuadro que abrazan los pliegues de las cadenas ibéricas y provenzales, del Apenino, de los Alpes Dináricos y del Pindo, la llanura y la montaña se complementan: ésta, nevosa en invierno, es, en verano, asiento de frescos pastos; aquella hospitalaria en el invierno, después de la renovación que sigue a las lluvias de otoño, sufre, por la sequedad del verano una interrupción que puede durar hasta dos meses. El ganado, que se mueve cómodamente y que es, en la región mediterránea, la forma característica de la riqueza ("pecuaria") encuentra así, alternativamente, en la llanura y en la montaña aquello que le conviene. La montaña vertiendo periódicamente sobre la llanura sus pastores y sus troperos, hace poco grato el trabajo agrícola. Este trabajo en las llanuras donde las consecuencias del régimen han sido llevadas al extremo, concluye por reducirse a dos cortas apariciones de trabajadores, una en Octubre para las plantaciones y la otra en Junio para la recolección. Así se explica que, en las llanuras sujetas a un régimen de esta clase, no sea posible afianzar el cultivador a la tierra". [**147**, pág. 82].

La montaña, por otra parte, transforma el clima, deteniendo los vientos, abrigando los valles y provocando una mayor caída de lluvia (si el lugar considerado mira al mar) o impidiéndola si es muy alta e intercepta las nubes (véase la parte de meteorología).

2º *Influencia de la montaña en la vegetación.* — Las modificaciones que la altura introduce en las temperaturas, repercuten en la distribución y calidad de los vegetales. En todas las montañas existen condiciones de clima distintas, desde la base a la cima, por virtud de la disminución de la temperatura con la altura. Pueden pues encontrarse, desde lo más bajo a lo más alto de una montaña, una distribución vegetal análoga a la que se encontraría viajando desde el ecuador hacia los polos. Pero a pesar de esta generalización, es fácil comprender que las agrupaciones vegetales de las faldas montañosas no pueden ser iguales en el polo que en el ecuador. Por el contrario, la vegetación de las altas cimas tiene rasgos semejantes en todas partes del mundo. La Fitogeografía, que es la ciencia que trata de la distribución geográfica de los vegetales, distingue, pues, dos zonas de distribución en altura: las formaciones vegetales de falda y las formaciones alpinas. En el límite de ambos hay, como es lógico, una suerte de mutua penetración.

Las agrupaciones vegetales de las faldas montañosas son, por lo general, en las zonas ecuatorial y subecuatorial, selvas dotadas de un abundante sub-bosque de enredaderas y de helechos arborescentes, mientras que en las zonas templadas predominan los *maquis*, especie de matorral, muy cerrado compuesto por arbustos xerófilos, es decir, que están organizados para aprovechar las menores cantidades de humedad del aire y de la atmósfera.

Las agrupaciones vegetales alpinas, que tienen gran parecido a las polares, son un producto de las grandes variaciones de temperatura que durante un día sufren las altas montañas, así como la luminosidad y la gran evaporación. Es fácil imaginar que el clima, siempre frío, ahuyenta las formaciones arbóreas y si algunas veces aparecen algunos ejemplares de ellas son de constitución raquítica. Los vegetales alpinos tienden a disminuir el tallo, alargar desmesuradamente las raíces, y disminuir las hojas, a punto tal que el vegetal queda a veces reducido a hilos largos, llenos de vellos. Predominan, pues, las hierbas espesas, en ciertos lugares parecidas a los musgos.

3º *Influencia de la montaña sobre el hombre.* — Sin exagerar las relaciones del medio geográfico con el hombre, estableciendo un determinismo riguroso que por lo común lo sugieren unos pocos hechos [1], se puede decir, sin temor de generalizar demasiado, que el hombre, su-

1. La influencia del medio geográfico sobre el hombre ha sido muy exagerado por autores que han tratado de elegir ejemplos para amoldarlos a ideas preconcebidas. A este respecto conviene recordar las sabias advertencias de Febvre [52] para quien la influencia del suelo en la vida humana, sólo debe tenerse en cuenta como una posibilidad.

jeto a la vida de las montañas, adquiere costumbres características y rasgos psicológicos que los distinguen de los pueblos que viven en el llano, junto al mar, o en los valles. La montaña, cerrando el horizonte, hace, necesariamente al hombre que vive en sus hondonadas, restringido y poco curioso. Hay en él una tendencia tradicionalista; es conservador y apegado a los viejos usos, poco dado al confort, y, por lo general, habla con las formas más arcaicas del idioma que le pertenece. En algunos casos, el montañés, ha sido el depositario y guardador de lenguas en vías de desaparecer: es el caso del vasco, del romance o ladino, del celta de Cornuaille o de las Montañas de Ross [1]. Mientras el escocés, el *highlander*, habla todavía el idioma de sus antepasados, y se organiza en forma casi patriarcal, aisladas unas familias de otras, a pocos kilómetros, al pie de la montaña, en el Grenmore, el *lowlander*, constituye una colmena humana, habla inglés y tiene una actividad industrial sin parangón en muchas partes del mundo.



FIG. 83. — *UNA TIROLESA. — Los valles alpinos, del Norte, fueron habitados primero por celtas, pero en la Edad Media, fueron colonizados por germanos. Este es el origen de los tiroleses tan apartados, en costumbres, en idioma y en ideales del pueblo austriaco que vive a pocos kilómetros de sus profundos valles.*

La montaña mediana y la alta montaña, son poco propicias al establecimiento del hombre. En los mapas de densidad de la población, aparecen siempre con manchas blancas, o, cuando mucho, con poblaciones ralas o agrupadas en zonas reducidas y aisladas. Es que el hombre no puede vivir sino hasta determinada altura. Por ejemplo: en Europa el centro de población permanente más elevado que se conoce es Saint Verán, 2046 metros de altura, en los Alpes; más arriba hay poblaciones accidentales, puestos científicos, etc.; pero en América del Sur se ven poblaciones importantes, a una altura mucho mayor: La Paz, capital de Bolivia está a 3700 mts.; Ayacucho (Perú) a 2400; Bogotá (Colombia) a 2600, y Quito (Ecuador) a 2350.

1. Febvre dice: "Con la misma soltura y con la misma verosimilitud que la tesis contraria ¿no podría sostenerse aquí que la montaña habitúa al hombre a los vastos horizontes, precisamente, que las cimas hacen de él, más todavía que del marino un enamorado de los libres espacios? Literatura por literatura, la una es, exactamente tan mala, como la otra" [52, pág. 239]. Y podría agregarse: ¿cabe negar el marco en que las montañas encierran a los hombres, que viven en sus valles? Facilita, acaso, la montaña la comunicación y el contacto de los pueblos y sus civilizaciones?

4º *Influencia de la montaña en la historia y limitación de los pueblos.* — En la antigüedad, sobre todo, las montañas constituían verdaderas vallas. Pueblos situados en una vertiente, ignoraban la existencia de otros que vivían en la opuesta. Más tarde, cuando el límite impuesto por la Naturaleza les pareció estrecho y trataron de expandirse salvando las barreras montañosas, se encontraron que las costumbres, los sentimientos, las aspiraciones eran distintas y ello fué el germen del odio y de la guerra. En otras ocasiones, la montaña no ha dado paso a los pueblos y así, han podido desarrollarse civilizaciones muy distintas en una vertiente u otra. Tal es el caso de la India y de China, cuya separación, impuesta por el Himalaya continúa siendo efectiva aún en nuestros días. «Es curioso leer — dice a este respecto Camilo Vallaux [*148*, pág. 135] — en el P. Huc (*Voyage en Tartarie et dans le Tibet*, II, pág. 324) la escena en que el regente de Lhassa, contemplando la carta que le mostraba el misionero francés, revelaba alguna inquietud al ver los ingleses de Calcuta tan cerca: «Poco importa, decía, están los montes del Himalaya». En las mismas regiones, el Nepal, que no es más que un valle, el valle de Katmandú, cercado de murallas de 2500 a 3000 metros, se ha librado largo tiempo de la dominación inglesa, que no tiene allí la misma solidez que en el resto de la India [1]. De igual modo las montañas de Asturias, sirvieron de refugio a los cristianos después de la invasión árabe y algunos cantones suizos han podido resistir la expansión de los hausburgos [*124*, pág. 137]. Por otra parte nadie puede negar la influencia ejercida por los Andes en la civilización de los países americanos del Pacífico, tan distinta, en costumbres, con la que se desarrolla al oriente de esa montaña.

Pero en lo que atañe a la caracterización de fronteras, hay que convenir, que la diplomacia ha exagerado el valor de las montañas como separadoras de pueblos. Tan pronto como se busca el detalle topográfico de una cadena fronteriza, surge esta pregunta desconcertante: ¿por dónde pasa la línea divisoria? Los políticos y hombres de estado resuelven sencillamente el punto escribiendo en los tratados estas palabras «la línea demarcadora pasa por la divisoria de las aguas y las cumbres más altas». Pero la línea divisoria de las aguas es fluctuante como que está a expensas de la erosión y muchas veces ríos de una vertiente tienen sus cabeceras en la opuesta, o están operando una obra de retroceso que transforma toda la topografía. Este es el caso del pleito chileno - argentino, solucionado por el arbitraje, no de un modo científico, sino de acuerdo con las necesidades de aquella hora internacional angustiosa.

No siempre la montaña separa pueblos: otras veces, sus valles, cortaduras y gargantas han servido de camino para unirlos. La Dzungaria, el Turquestán y el Cáucaso, pasajes obligados de los pueblos orientales en su marcha hacia el occidente, son ejemplos bien claros.

1. A. Pelliot "Nepal", citado por C. Vallaux [**124**, pág. 135].

MESETAS Y VALLES

Se llama meseta a un conjunto de tierras, más o menos aplanado, más o menos horizontal, situado a una altura mayor que el país que lo rodea. De este punto de vista, todos los continentes son, pues, con respecto al fondo del mar, verdaderas mesetas.

Las mesetas pueden haberse formado por tres causas: por dislocación, por acumulaciones volcánicas y por erosión.

1º **Las mesetas de dislocación.** — Se han formado por levantamientos del conjunto con respecto a otras zonas que lo rodean y que permanecen inmóviles. Puede ocurrir también, que en lugar de un levantamiento se produzca el hundimiento de las regiones circunvecinas y en este caso, la masa resistente es la que constituye la meseta. Los levantamientos, pueden ocurrir en distintos lugares, y ello origina una clasificación de las mesetas de dislocación por la situación que ocupan.

a) *Meseta interna de una región plegada.* — En este caso, la meseta queda entre dos pliegues. Ejemplos: la Meseta Boliviana, en los Andes, las Mesetas Argelinas, entre los pliegues del Atlas.

b) *Meseta de ladera.* — En las regiones plegadas, suelen verse, junto a las pendientes del pliegue, zonas más o menos elevadas con respecto al país que queda al pie. Esto se debe a la disminución de la fuerza que ha originado el pliegue a medida que se aleja del punto de mayor esfuerzo, de suerte que los plegamientos se suceden más débilmente y cada vez más espaciados. Un ejemplo bien claro de esta clase de meseta se halla en la parte occidental del Jura.

c) *Mesetas exteriores o vecinas a una zona plegada.* — Muchas veces el esfuerzo del plegamiento no alcanza un punto dado, pero por contragolpe puede originar elevaciones y hundimientos. Los geógrafos franceses suelen ofrecer como ejemplo de esta clase de plegamientos, la meseta calcárea de Causses, al S. E. del Macizo Central, levantada por el plegamiento de los Alpes.

2º **Mesetas de acumulación volcánica.** — En algunas regiones volcánicas, la solidificación rápida de las lavas expulsadas del interior del globo, han constituído capas o estratos superpuestos. En el Macizo Central francés (Cantal) hay ejemplos de ésto.

3º **Mesetas de erosión.** — El desgaste de las regiones montañosas puede manifestarse, al principio, por una disminución de las alturas, pero más tarde, tiende ese desgaste a una verdadera nivelación. En ciertos casos, el país así desgastado ha sufrido un movimiento epirogénico y ha sido levantado a mayor altura. Este es el caso de la Meseta del Brasil.

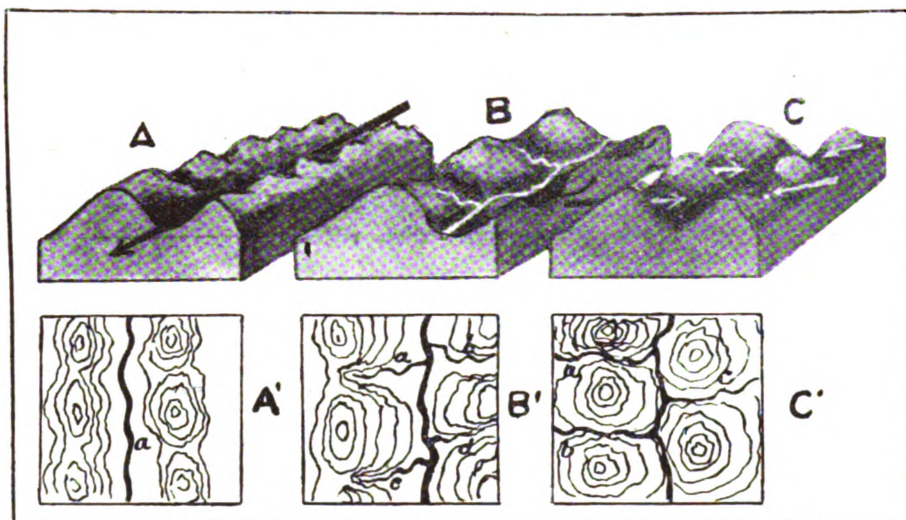


FIG. 84. — *DISTINTOS TIPOS DE VALLES.* — *La parte superior es un estereograma, la inferior el mapa de la misma región a curvas de nivel.*

Puede afirmarse que los movimientos de conjunto, no acompañados de plegamientos, *(epirogénicos)* producen, como lo hizo notar Lapparent [*78*, pág. 169], verdaderas mesetas.

Valles. — En topografía se designa con el nombre de valle a una parte entrante de la corteza terrestre, con una tendencia a la horizontalidad pero siempre comprendida entre dos elevaciones. O dicho de otra manera: «es la forma de terreno contraria a la montaña: lo que en una es altura, en otro es profundidad; lo que en aquella es falda, en éste es ladera» [*35*, pág. 47].

Muchas veces se ha intentado clasificar sistemáticamente los valles por su origen, pero siempre se ha luchado con la dificultad de que pocas veces un valle se presenta al observador en las formas originarias, pues a las causas fundamentales de la formación se agregan otras exteriores que transforman su fisonomía.

Con todo, pueden reconocerse valles cuyos comienzos fueron inequívocamente de origen tectónico, vale decir, cuya formación se debió a los esfuerzos internos del globo. Tales son los valles *tectónicos*, debidos al plegamiento y resquebrajamiento de la corteza y entre los cuales pueden distinguirse el *valle anticlinal* y el *valle sinclinal;* el *valle de fosa o de hundimiento*, los *valles asimétricos*, cuando tienen una ladera más pendiente que otra; etc.

Pero ni aún los valles tectónicos pueden sustraerse a los efectos del desgaste de las aguas pluviales y de las corrientes que ellas originan. Unas y otras están efectuando una continua obra de transformación,

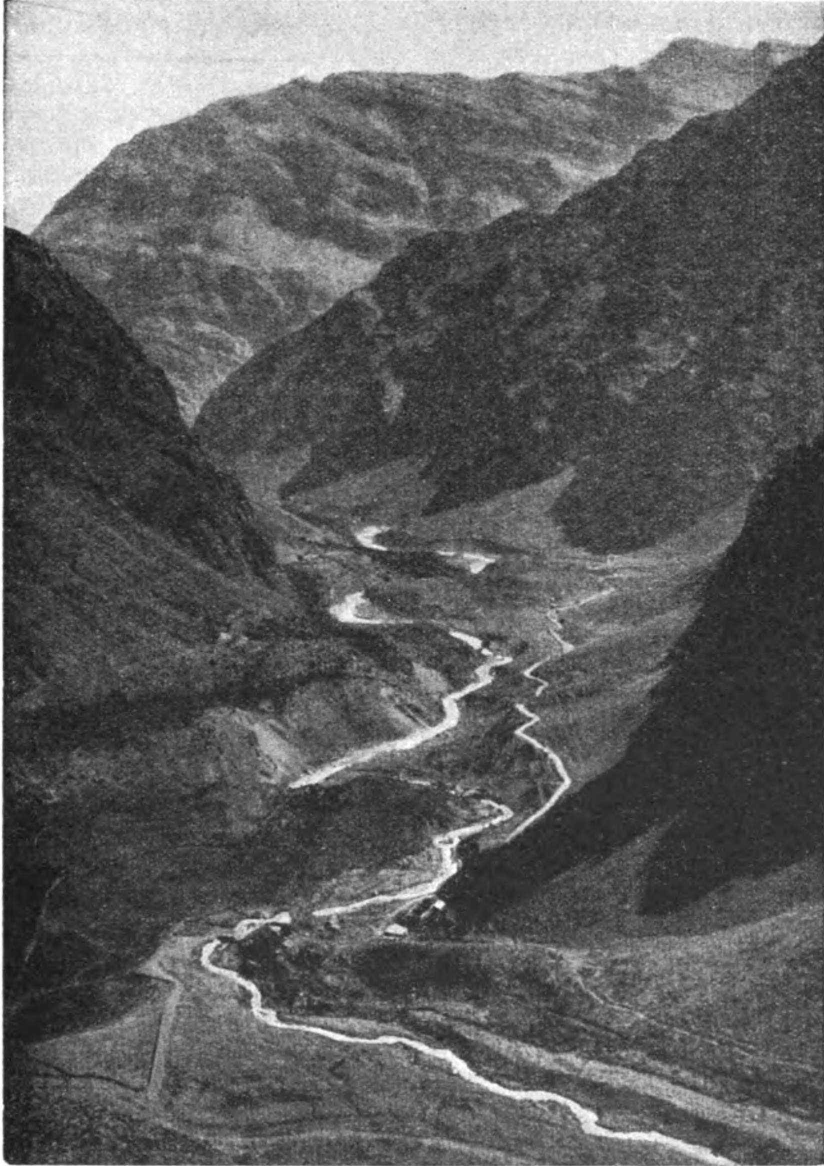


Fig. 85. — *VALLE DEL RIO ACONCAGUA. — En esta fotografía se puede ver un valle en V, llamado de "muesca" terraplenado por el trabajo de transporte hecho por los torrentes que a él afluyen. El cono de deyección de los torrentes puede distinguirse bien en un tono gris del grabado.*

arrastrando hacia el fondo los materiales de las pendientes, acumulándolas en el fondo y abriendo a la vez el cauce. (Fig. 85).

Razones de método, no nos permiten, abordar aquí el estudio de los valles fluviales, cuya importancia es tan grande que se ha dicho de ellos que constituyen un factor principalísimo del relieve. Más adelante, al hacer el estudio de la erosión fluvial, completaremos estas nociones.

Sólo debemos agregar, por ahora, que los valles pueden clasificarse según su posición y su aspecto en *valles longitudinales,* cuando siguen la dirección de dos cadenas paralelas como el que queda entre los Andes y la Cordillera de la Costa (fig. 84 A, A' a). *Valles transversales,* (fig. 84, B, B', a, b, c,) cuando forman un ángulo más o menos recto con el longitudinal; de *traspaso* cuando el retroceso por desgaste del río que corre por el valle transversal, puede abrir brecha hacia la vertiente opuesta (fig. 84, C, C', a, b, c,).

La desembocadura del valle está siempre abierta, salvo el caso de los llamados *valles ciegos* o sin salida hacia la llanura o hacia el mar. Los valles ciegos concluyen en un lago [*157,* tomo II, pág. 187].

LA MESETA Y LA VIDA

La influencia de la meseta en la vida, se traduce por una cuestión climatológica. El hombre, los animales y las plantas, buscan el ambiente propicio y así como en algunos lugares los excesos de las temperaturas altas pueden contrarrestarse por la altura, en otros, ésta acrecienta el frío y repele las poblaciones y los vegetales.

En el primer caso, están la mayor parte de las mesetas andinas intertropicales, las de México y las de América Central, verdaderos centros de atracción para las poblaciones devoradas por el clima ardiente de las regiones bajas; en el segundo caso, están las mesetas de los países templados de América Andina (las *Punas)* y las del centro de Asia, verdaderas expulsadoras del hombre por el frío de sus tierras, demasiado altas o próximas a lugares donde domina la nieve y azota el viento.

La atenta observación de un mapa de la densidad de la población, de la distribución de los vegetales y de las temperaturas, muestra más claramente que las palabras esta influencia de la meseta en la vida.

LOS VALLES Y EL HOMBRE

Los valles de las altas montañas [*148,* pág. 137] viven cada uno de por sí. En Suiza no sólo el Valle de Valois, sino cada valle secundario donde un torrente dirige al Ródano las aguas de los glaciares de los Alpes Peninos, como el Valle de Hérens, el Valle de Anniviers o de Zermatt, forma mundo aparte con sus costumbres, sus reglas pastoriles y sus prácticas agrícolas; los sentimientos municipales y locales están lo bastante desenvueltos para sofocar los fermentos de vida general. El ideal económico del Valle de Anniviers, consiste, en bastarse a sí mis-

mo, fabricándoselo todo para comprar lo menos posible fuera». De esta falta de vinculaciones comerciales, emana también el aislamiento intelectual. En las montañas faltan generalmente los grandes centros urbanos que establecen la unidad política y en general las vistas más amplias sobre la vida colectiva. En muchas localidades, el habitante del valle se ve necesitado a dejar la altura en el verano para descender al fondo del valle en el invierno y esta movilidad le obliga a un individualismo contrario a la formación de núcleos sociales. Según Brunhes, «el principio de la instalación humana en el Valle de Anniviers está en la persecución del sol», pues en él, como en otros valles, el montañés trepa por las laderas buscando mayor número de horas de insolación [*148*, pág. 138]. A tal punto tiene, en efecto, influencia el sol en las agrupaciones humanas de la montaña, que allí donde los altos picos proyectan sombra, la montaña aparece desierta.

Pero no siempre los valles son barreras interpuestas entre los pueblos. Algunos de ellos han servido, por el contrario, de ruta obligada entre dos civilizaciones: los valles de la Zangaria; los desfiladeros del Cáucaso, etc.

Las depresiones. — La depresión, como su nombre lo indica, es una parte de la superficie terrestre que se encuentra a nivel más bajo que las porciones de tierra que la rodean. Entre los geógrafos se ha convenido en llamar *depresiones absolutas* a aquellas que están por debajo del nivel del mar. Ejemplos típicos de esta categoría lo ofrecen el Río Jordán, el Lago Tiberiades y el Mar Muerto, encerrados entre el Líbano y el Antilíbano. El nivel de éste último está, en efecto, a 394 metros por debajo del Mediterráneo y su fondo a 800 metros. Terrenos de depresión absoluta son también los que están al N. del Mar Caspio, (730.000 k.²) en la desembocadura del Volga, pues desoienden gradualmente del O. hasta 26 metros que es el nivel del Caspio [1]. En América del Sur no hay depresiones absolutas, a menos que como lo afirma el geólogo Keidel, ciertas cuencas sin salida de la Patagonia se hallen en esta categoría *(criptodepresiones)*.

Las depresiones relativas son las que, estando sobre el nivel del mar, se hallan, sin embargo, más abajo que las tierras circundantes. En esta categoría entran las partes más hondas de muchas mesetas. En América del Sur los lagos de la Meseta Boliviana, circunscriptos entre dos brazos de los Andes podrían servir de ejemplo. El Río Tarim y el Lago Lob - Nor en Asia, el Lago Salado en Norte América, son otros ejemplos de depresiones relativas.

---

1. **Las depresiones absolutas en Holanda.** — Un tercio de Holanda está debajo del nivel del mar y otra gran parte ha sido llevada por las aguas. Un simple vistazo a un mapa de este país sirve para descubrir, en la alineación de las Islas de Frisia, el antiguo reborde de la costa firme. Los montículos de arena, las dunas marinas, sobresaliendo sobre el nivel general de la planicie, resistieron, en 1250, a una invasión del Mar del Norte que se puso en comunicación con un lago interior transformado desde entonces en Zuiderzee, vale decir, Mar del Sur. Otras invasiones no fueron menos desvastadoras: la de 1412, se llevó 72 aldeas en el delta del Mosa y 100.000 habitantes. ¿Qué hacer contra ese mar que a la menor creciente se interna en la llanura y se lleva

III. La Litoesfera

LAS LLANURAS

Llanura es un conjunto de tierra extensa con escasas desigualdades de relieve y una gran tendencia a la horizontalidad. La llanura ideal sería completamente lisa y horizontal, pero en estas condiciones no existe en la Tierra. Aun aquellas llanuras que nos parecen más lisas, tienen siempre alguna pendiente y diferencias de nivel que permiten la circulación de las aguas. Claro está que las llanuras pueden encontrarse en cualquier altura del continente. Hay, en efecto, algunas de ellas que se hallan escasamente elevadas sobre el nivel del mar y otras, en cambio — frecuentemente en el interior — que se hallan a una gran elevación, formando parte de las grandes mesetas. No habiendo llanuras ideales, es decir, completamente planas, ha debido convenirse hasta qué altura de los desniveles se les puede dar el calificativo de llano. Generalmente, el límite admitido es de 300 metros y por esta razón nuestro país no se clasifica de llano ni tampoco de montañoso.

Para clasificar las llanuras puede tenerse en cuenta: 1º su situación; 2º las características vegetales.

CLASIFICACION DE LAS LLANURAS POR SU SITUACION

Las llanuras pueden ser *periféricas*, *costaneras* e *interiores* o *mediterráneas*.

a) Las llanuras periféricas. — Son generalmente de poca extensión y tienen el declive hacia el mar. Están formadas, a veces, por arenales y cuando éstos son algo extensos se hallan interrumpidas por elevaciones llamadas médanos y dunas. En nuestro país los médanos de la costa rochense; en Centro América los llanos de las costas orientales y en Francia las Landas, son buenos ejemplos de este tipo de llanura.

b) Las llanuras interiores o mediterráneas. — Son más extensas y su origen es distinto de las anteriores, pues debe buscarse casi siempre el rellenamiento de un gran sinclinal por la acumulación de aluviones, sedimentos marinos y transportes de tierra por los vientos.

---

todo cuanto el trabajo del hombre ha acumulado? ¿Qué hacer para que el hombre recupere de las furias del mar el suelo perdido? El holandés, ha declarado, para ello, la guerra al mar y vive conteniendo sus olas con muros espesos y empalizadas que bordean las costas y las márgenes de los ríos, levantando esclusas, haciendo bosques artificiales para solidificar las dunas... En Zelandia sólo, hay más de 400 kilómetros de diques, que hay que vigilar y reparar eternamente. La ruptura de una de esas murallas sería ahora mucho más fatal que antes, donde la población se ha multiplicado y los valores del suelo han adquirido una importancia en conexión con el progreso de un pueblo laborioso y próspero como el holandés.

Como las corrientes de aguas continentales son la causa de esta clase de formaciones, las grandes llanuras corresponden casi siempre a la presencia de un gran río: el Amazonas, el Orinoco, el Paraná, el Missisippi, el Hoang-ho, etc. El crecimiento de la llanura Amazónica se hace a expensa del desgaste de los Andes y de la Meseta del Brasil.

CLASIFICACION BOTANICA DE LAS LLANURAS

Asociaciones vegetales. — Más evidente es la diferenciación de las llanuras por la vegetación que en ellas crece. «El aspecto de la vegetación es la traducción de las condiciones naturales de la vida» [*86*, página 777].

La agrupación de muchos ejemplares de una misma especie vegetal o de especies parecidas, forma una *asociación vegetal.* La asociación vegetal puede ser forestal y herbácea; la primera es debida a la agrupación de árboles; la segunda al predominio de las hierbas [1].

Cuando una asociación vegetal cubre sin intervalos una región, comarca o país, se dice que es *cerrada;* si, por el contrario deja espacios donde reinan características distintas, se dice que es *abierta.*

En el rigor de los hechos, el límite de las asociaciones forestales y herbáceas no está perfectamente definido. Hay, entre ambas, zonas donde los caracteres de una y de otra se compenetran: es lo que ha dado en llamarse *asociación mixta.*

La importancia del estudio de las asociaciones vegetales con relación al hombre, ha sido sintéticamente expresada por de Martonne, en estos sustanciosos párrafos: "Son ellas las que determinan el aspecto del paisaje, las condiciones del habitante, de los animales y la forma misma de la actividad humana. Ellas reflejan fielmente los caracteres generales del clima y las influencias especiales del suelo. La geografía botánica debe ser para nosotros más que el estudio de la repartición de las especies consideradas individualmente, agrupaciones o asociaciones naturales". [*86*, pág. 777]

La ciencia que trata de la distribución de los vegetales en el globo terrestre, se llama *Fitogeografía.* Para determinar esa distribución es necesario tener en cuenta, en primer término, las exigencias del vegetal y los valores climatéricos de los lugares donde aquel puede tener vida. Entre estos valores climatéricos figuran la humedad, la temperatura, la luz y la composición del suelo. (Véase el apéndice al final del capítulo).

LA SELVA

Con los elementos que anteceden estamos ya en condiciones de abordar, aun cuando sea someramente, el estudio de las grandes llanuras y de las asociaciones vegetales que las caracterizan.

---

1. Algunos autores agregan a estas dos clases, la de los "líquenes" y "musgos" de las regiones circumpolares y la "disértica", de caracteres poco definidos.

Asociaciones forestales

La asociación forestal puede dividirse en dos categorías primordiales: el bosque o selva y el matorral. La selva puede ser, a su vez, y según lo veremos más adelante, ecuatorial, tropical, subtropical y subártica.

La selva ecuatorial es el tipo más completo de asociación cerrada. El árbol es el vegetal más exigente de calor, luz y humedad y por ello, cuando se le encuentra en grandes extensiones hay que suponer, a priori, que en ese lugar se han reunido las referidas condiciones físicas. En la zona ecuatorial, los rayos solares caen perpendicularmente todo el año; la iluminación es, por lo mismo intensa y el calor no sufre sino débiles variaciones. En Pará, ciudad del Brasil, inmediata a la línea equinoccial, el termómetro sólo varía anualmente un grado. La vegetación dispone así, de una temperatura permanentemente favorable y entonces adquiere ella una actividad tal, y su evolución es tan rápida que, si no fuera por la falta de ritmo y la aparición de hojas nuevas, de coloración más verde-claro, se diría que carece de reposo. A esta admirable distribución del calor, hay que agregar la influencia de las lluvias, tan propicias también al desarrollo vegetal. Las temperaturas altas provocan una gran evaporación, que al subir a las altas regiones de la atmósfera se enfría y condensa, cayendo después en forma de lluvia. El árbol exige en las regiones cálidas para vivir con holgura 1.500 mm. de agua pluvial por metro cuadrado y en las zonas templadas y frías 600. En el ecuador la lluvia se avalúa en 2.000 mm. y como si esta abundancia no fuera suficiente, su caída se puede considerar distribuida con una uniformidad tal, que no hay día en que las plantas no tengan allí el riego de las alturas. Los vegetales llamados *megatérmicos* y los *higrófilos,* encuentran así, en la banda de tierras ecuatoriales, en América del Sur, en Africa, en las Islas de la Insulindia, la mejor zona para su existencia.

La selva virgen, cuyo tipo por excelencia es la que cubre la llanura amazónica y la zona ecuatorial africana, tiene por característica un permanente verdor y la presencia de tres o cuatro pisos de vegetales de distinta altura. El piso más alto, el que se ve extendiendo la vista desde una elevación, está formado, por las copas de los árboles corpulentos, que término medio se elevan a 30 o 40 metros de altura, cuando no más. Bajo la protección de estos árboles de gran talla está el segundo piso o sea la *subselva,* formada de árboles de pequeña talla, plantas arborescentes, helechos, enredaderas, y, en una palabra, todos los vegetales no muy exigentes de luz, con sus flores de tonos apagados, con excepción de las colocadas más arriba o las que miran hacia la parte descubierta de los ríos y arroyos. Más abajo, se halla el tercer piso formando un tapiz de hierbas, ramas entrelazadas, plantas pará-



(Fot. A. W. Stevens.)

FIG. 86. — *LA SELVA CERCA DEL AMAZONAS. — Este grabado da una idea de la densidad de la selva ecuatorial. Los hombres han abierto un sendero para llegar hasta la orilla del gran río. En otros lugares, la selva permanece virgen.*



(Fot. C. Scadata.)

FIG. 87. — *LA SELVA COLOMBIANA.* — ***Ríos serpenteando entre la selva ecuatorial vistos desde un aeroplano.***

sitas de todo género, que cierran el horizonte en medio de una espesura vegetal y una humedad que gotea desde lo alto [1].

La selva tropical crece en las regiones cálidas de inviernos sensibles y también donde la sequía es poco acentuada. Se diferencia de la selva ecuatorial en que no tiene un carácter tan cerrado y sus ejemplares muestran el reposo vital de un modo visible. Las especies no son tan variadas y en muchas ocasiones la asociación vegetal es sólo de una especie (bambúes, quebrachales, paletubios marítimos, etc.) El sub-bosque es menos nutrido, pero hay muchos helechos, lianas leñosas y plantas enanas, estas últimas con especialidad en las regiones de los vientos periódicos (monzones) llamados de *clima tipo bengalí* o sub-ecuatorial. En las regiones de monzones secos, *(clima tropical o senegalense)* cada vez las condiciones van siendo más adversas para los vegetales arborescentes. Durante la estación de los vientos secos los árboles pierden las hojas y el reposo vegetal es muy visible. Se manifiesta así una tendencia general a la desaparición del sub-bosque, entre las lianas, epifitas y tapices herbáceos. Cuanto más mediterráneo es el clima, menos cerrada es la selva tropical.

---

1. **Las tinieblas de Africa.** — La selva ecuatorial africana es una selva prodigiosa, en doble y triple escalonamiento. Arboles gigantescos se enderezan y reunen en medio de un mar de verdura, apuntan hacia el cielo buscando el aire y la luz. Son bananos, palmeras, olivos, caobas, ébanos, "bombax" o quesero. El quesero, que no es siempre más grueso que los otros, alcanza a 8 y 10 metros de diámetro; tiene 50 o 60 metros de alto. Una casa alta, como dos de nuestras casas de cinco pisos superpuestas, sería todavía ensombrecida por él. Sus semillas recuerdan un queso, de donde proviene su nombre. Con su tronco ahuecado, los indígenas construyen **barcos**



(Fot. de Granger.)

FIG. 88. — *SELVA* ***BRASILEÑA*** *a medio desmontar. — La región húmeda del noreste contiene selvas que el hombre ha atacado vigorosamente para la explotación de la madera. Esta fotografía, permite, no obstante, ver en el segundo plano, el espesor originario antes de hacerse la explotación. Cuando la explotación de los árboles ralea, se sustituye la industria por la cría de ganado bovino y cabrío que se encarga de su completo exterminio. Este tipo de selva, es el que predomina en la región noreste del Brasil, en las pendientes orientales de la parte más septentrional del Sistema Marítimo. En muchas ocasiones margina los ríos que van al Atlántico, donde adquiere mayor espesor y lozanía.*

LA SELVA SUB - TROPICAL es típica de las regiones de veranos templados e inviernos prolongados, carácter este último que, por lo general, obliga al vegetal a un largo reposo. La fitogeografía distingue dos clases de selvas sub tropicales: la de inviernos lluviosos y veranos secos y, la de veranos lluviosos e inviernos secos poco intensos.

Las del primer grupo, es decir, aquellas en las que el invierno coincide con las lluvias, tienen dos períodos de reposo: uno correspondiente al momento de mayor pluviosidad y otro al verano que es el momento de la sequía.

Las del segundo grupo, o sea en las que coincide el verano con las lluvias, se distinguen por no disponer de una verdadera estación seca y entonces el aspecto es casi tropical. A esta clase de selva llaman algunos autores [*86*, página 792] de *clima chino* y tiene por ejemplares típicos a la palmera, el bambú, el helecho, el alcanfor, etc., mientras que a la primera denominan *Selva de Clima Mediterráneo*, con la Araucaria del Brasil, la séquia gigante de California y el pino para - sol de Nápoles.

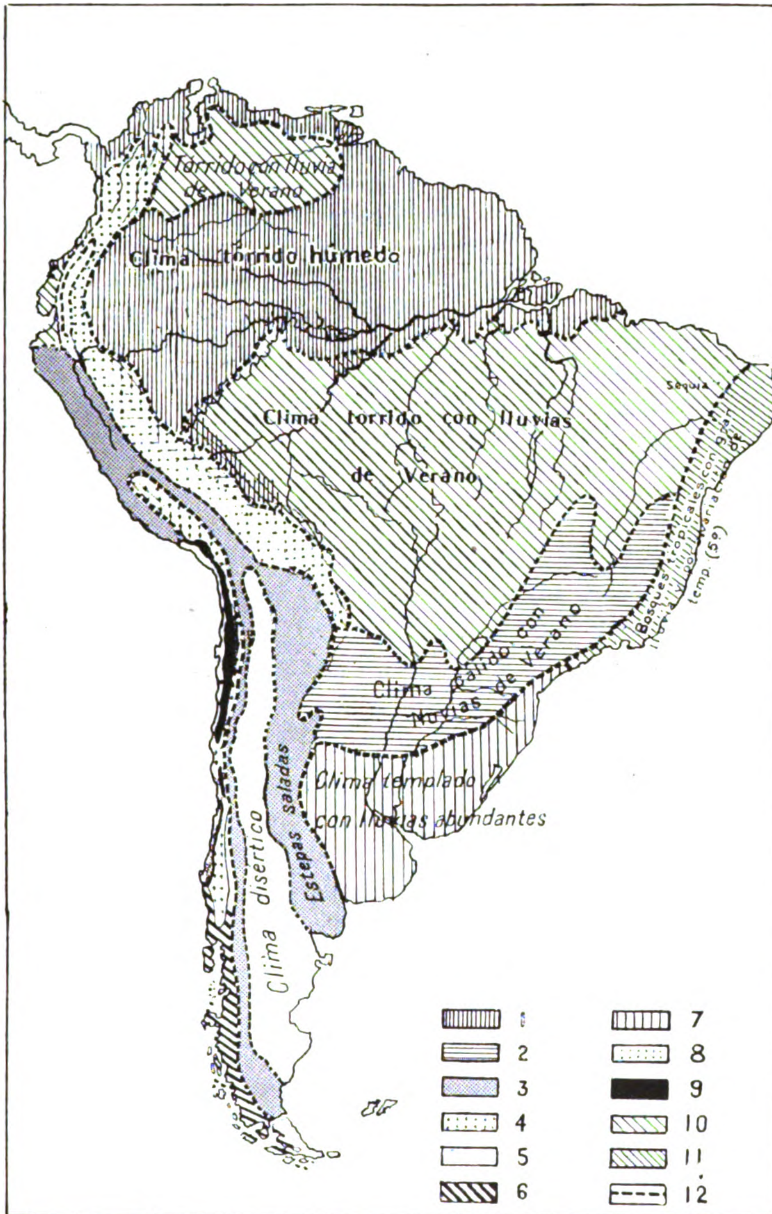
Por lo general, en las selvas sub - tropicales predominan los vegetales mesotermos y xerófilos.

Entre las selvas sub - tropicales debemos citar la que cubre el Territorio de Misiones, las serranías de Jujuy, Salta, Tucumán y parte del Sur del Brasil, donde crecen el *tipa*, árbol de 50 metros de altura, el *cedro*, la *acacia*, el *jacarandá*, etc. El carácter de esta selva es en muchas partes casi tropical, sobre todo en Misiones y en las laderas montañosas de las serranías antes citadas, donde la temperatura anual oscila entre 21 y 22° y las lluvias sobrepasan el límite de 1.500 mm. que exigen, término medio, los árboles en las regiones calientes. En el Chaco y en Formosa, así como en Santiago del Estero y Santa Fe, la lluvia no es tan abundante como en las pendientes de las serranías andinas y por esta razón allí la selva no tiene un aspecto tan lujuriante como en otras partes. Las palmeras aparecen mezcladas con otros árboles de gran valor industrial y cubren, formando bosques, muchos lugares pantanosos. Las selvas de Misiones se compenetran con las brasileñas, cuya presencia es, cada vez, más denotada, cuando se avanza hacia el E., por la *araucaria brasiliensis* [1].

---

que pueden contener 100 hombres. Bajo la bóveda de estos grandes árboles se prensan los troncos y ramajes de árboles menores, que son, sin embargo, más grandes que los más grandes árboles de nuestras regiones. A sus ramas trepan o adhieren débiles bejucos, entreverados, inextricables, troncos tronchados de follajes tan espesos, que forman una red, o mejor, un muro de verdura. Sobre el suelo con plantas de largas hojas de un verde fuerte, cubiertas de flores muy grandes. Esas flores tienen formas valientes, colores vivos, perfumes violentos. El suelo es negro, esponjoso, cuierto de musgo. Es hecho de despojos de plantas en descomposición y bañado en los barriales de un pesado y caliente vapor. El follaje de estas tres etapas de verdura es tan espeso, tan cerrado que protege al suelo como un techo y los rayos del sol no consiguen nunca atravesarlo. Las regiones inferiores de la selva están también en una oscuridad casi completa. Dos viajeros no se ven a algunos pasos de distancia. Están en "las tinieblas de Africa". Hablan; el sonido de la voz llega apagado como de un hogar lejano. La noche... y un silencio pesado, reina eternamente en la selva ecuatorial... — SCHRADER y GALLOUEDEC.

1. **La araucaria.** — "Los bosques de araucaria merecen considerarse entre el número de las mayores riquezas naturales del Estado de Paraná. Estos érboles, de la familia de las coníferas, se elevan hasta 20 y 30 metros, con un diámetro de 1.50 a



(Dib. del autor).

FIG. 89. — *CLIMA DE LA AMERICA DEL SUR. — 1. Clima tórrido húmedo. — 2. Cálido con lluvias de verano. — 3. Estepas saladas. — 4. Régimen nivoso. — 5. Clima disértico. — 6. Clima magallánico muy lluvioso. — 7. Clima templado con lluvias abundantes. — 8. Bosques intertropicales lluviosos. — 9. Desierto absoluto. — 10. Clima tórrido con lluvias de verano. — 11. Bosques tropicales con gran lluvia y poca variación de temperatura. — 12. Límites de regiones climatéricas.*

SELVA SUB - ÁRTICA. — Acompañando al Círculo Polar en su vuelta alrededor de las regiones árticas, hay otra clase de selva que difiere fundamentalmente de las descriptas antes. Aunque menos dotada de diversidad de especies, abarca grandes extensiones como la selva tropical. Ella se distingue por tener un carácter más abierto que ésta, los árboles menos altos y tanto más espaciados cuanto más se avanza hacia el Norte. Sus ejemplares presentan reposos prolongados y variaciones que coinciden con la larga estación invernal. Son árboles de adaptación tropófila muy variada, de talla alta, pero poco espesos. Les acompaña generalmente una sub - selva rala, pero a veces ésta no existe. Durante el invierno los árboles pierden las hojas y el sub - bosque se cubre de nieve.

Hay dos clases de selva ártica: 1º La *taiga* rusa que cubre varios millones de kilómetros y se prolonga por Siberia y el Canadá y está formada casi exclusivamente de coníferas, que viven en un suelo que se vuelve pantanoso en la estación lluviosa y

2º *La selva de Alaska,* de caracteres análogos pero de suelo más seco. Folster, compañero de Cook, dió el nombre de selva antártica a otra selva de condiciones parecidas a la anterior que se desarrolla en el Sur de Chile, en la Patagonia y en Tierra del Fuego. Tiene ésta algunos ejemplares típicos: la *araucaria chilesis y patagónica,* el *haya de Patagonia,* etc.

El matorral. — Se llaman matorrales, en general, a la reunión de arbustos o árboles de pequeña talla, xerófilos y mesotermos. Son formaciones simi - abiertas que, en muchas ocasiones penetran en la selva templada, confundiéndose con ésta hasta tal punto que es muy difícil deslindar ambas formaciones. Crece el matorral en las regiones donde el verano coincide con la época de la sequía y aun más donde estas condiciones se unen a un suelo absorbente. Durante los fríos, la vegetación entra en reposo y al final de ellos ocurren la floración y la reproducción. Aun cuando las clases de matorrales son muy diversos, casi todos presentan en la parte más baja profusión de lianas espinosas, plantas suculentas, etc.

EL ESPINAL O MONTE es una variedad del matorral, típico de la Argentina y del Uruguay, de carácter muy espinoso y sub - monte lleno de lianas y a veces, en los parajes muy secos, de cactus. Crece en las regiones de pocas lluvias. Sus variedades son determinadas por especies predominantes, *talares, espinillares, chañares, tunales,* etc. Las

---

2 metros en el tronco. Su madera recuerda, al mismo tiempo, la del pino de Europa y la del cedro del Brasil. Algunas veces es toda blanca, otras amarillenta; más a menudo, blanca y rosada, pero siempre de extraordinaria belleza para la ebanistería. En el nacimiento de las ramas, se encuentran nudos cargados de una recina que se trabaja bien al torno y de la que se hace una infinidad de objetos. Estos nudos producen carbón muy estimado por los herreros". — A. BLAZQUEZ y DELGADO AGUILERA (español).



(Fot. Geog. Granger).

Fig. 90. — *LA SELVA ARTICA (Canadá). — Asociación forestal caracterizada por árboles espaciados y subselva rala o nula que en invierno desaparece bajo la nieve. Se le encuentra al sur de los «Barren Grounds», es decir, la llanura pantanosa y helada, verdaderas tierras de dispersión del hombre. La selva ártica constituye un inmenso anillo de 1000 kilómetros de ancho que recorre todo el círculo polar.*

asociaciones más elevadas y abiertas de esta clase de vegetación, suelen tener el suelo cubierto de hierbas o también por un soto - bosque muy ralo.

A esta clase de asociación vegetal corresponden el *maquis* de Córcega e Italia Meridional, el *chaparral* de México, California y Texas; el *bucch* y el *scrub* de Sud - Africa y Australia, etc., cada uno de los cuales suelen tener caracteres propios aunque no se apartan mucho de los que singularizan, en general, a los matorrales.

Asociaciones herbáceas

La reunión de grandes cantidades de hierbas o pastos constituye la *asociación herbácea*. Comprende ésta, por lo regular, las regiones de lluvias poco abundantes, fuertes vientos y suelo permeable. La asociación es xerófila, pero suele ser también, con bastante frecuencia tropófila. El clima, particularmente en lo que atañe a la distribución de las lluvias y a la composición del suelo, imprime a la asociación herbácea caracteres peculiares según el lugar.

La estepa. — Las estepas son formaciones herbáceas de países templados y fríos, con veranos lluviosos e inviernos secos.

Hay estepas de llanuras y de mesetas. Entre los primeros están la Pampa, las Praderas estadounidenses, la Tierra Negra rusa, etc. Entre las segundas la del Thibet, de Persia del Asia Menor y otras.

La Pampa. — Es el tipo de llanura esteparia con asociación herbácea, que más nos interesa por su proximidad al Uruguay y por los rasgos comunes que tiene con la vegetación de nuestro suelo, según lo vamos a ver después. Se extiende desde los Andes al Océano Atlántico y desde las selvas sub - tropicales del Norte Argentino hasta el Río Colorado. Es una gran superficie de pastos, mezclados con cardos y de ausencia casi total de árboles, excepción hecha de las orillas de los ríos y arroyos donde el *monte* dirigiendo sus árboles y arbustos de una y otra margen sobre la corriente de agua, forma lo que los geógrafos llaman *selvas galerías*. El ombú es el único árbol que crece apartado de las corrientes líquidas, debido a su gran adaptación xerófila originada por su grueso tronco y amplio ramaje, que tanto lo asemeja al boabad africano. Esta adaptación es provocada por la permeabilidad del suelo, que absorbe toda el agua de lluvia que cae en el verano y por el invierno largo y seco. Se comprende, por lo demás, que estas características climatológicas sean la causa de la ausencia de otras especies de árboles, a no ser en las proximidades del mar o en las serranías donde la lluvia es más abundante. Entre los elementos del tapiz herbáceo, los hombres del campo distinguen pastos duros y pastos blandos.

Entre los primeros, figuran las variedades *paspalum, stipa, festuca*, etc. [*158*, pág. 141], que crecen en asociaciones menos cerrada en terrenos arcillosos o salinos y constituyen la vegetación aborigen, mien-



(Fot. Of. de Comercio Exterior)

FIG. 91. — *LLANURA EN EL URUGUAY. — Tiene gran parentesco con la Pampa, pero en ella aparecen ciertos rasgos propios de la Mesopotamia Argentina y del sur del Brasil.*

tras los segundos, de origen exótico, se desarrollan en los terrenos llamados impropiamente de loes [1], alternando con pastos duros, respecto de los cuales parecen ser más estables [*131*, pág. 711].

La Pampa es el granero de la República Argentina y acaso el lugar de más porvenir para Sud - América. Las características de su clima, perjudicial para el árbol, no lo es, en cambio, para las gramíneas y esta condición la hace especialmente apta no sólo para el desarrollo de una gran industria ganadera, sino también para alimentar cultivos de incalculable valor y cantidad. La penetración de la Pampa por medio del cultivo es ya un hecho y en ella se encuentra una de las zonas productoras de cereales más rica del mundo. Atraída por la facilidad de hallar extensiones de tierra aptas para la agricultura, la inmigración ha adquirido en estas llanuras una gran intensidad, constituyendo, por otra parte, un elemento primordial de la transformación argentina. Se ha dado con razón a esta zona el nombre de País del Trigo. Para que un país sea, en efecto, un verdadero mercado del mundo, no basta que produzca cantidades más o menos grandes de determinada materia, sino que tenga un excedente exportable: la India no exporta sino el 10 % de su cosecha de trigo; Rusia el 18 %; Australia el 38 %; Canadá el 53 pero la Argentina el 59 %. La organización de este comercio se traduce por el aumento del movimiento marítimo y de la extensión de las vías férreas, con lo cual no hay que agregar que se benefician la cultura y la civilización.

1. "Con razón observa Kantor, la tierra pampeana no ofrece la composición química ni tampoco mineralógica del producto que en Europa se señala con el término de loes". "Su grano parece que es predominantemente más grueso. Con todo, los análisis de J. Schöeder, revelan productos que, a juzgar por el tamaño del grano, son análogos a las rocas alemanas". [158, pág. 191].

LA PRADERA típica de la región de los Estados Unidos comprendida entre los ríos Misouri y Ohio, difiere, en poco de la estepa pampeana que acabamos de describir. En Illinois y Misouri, selvas - galerías siguiendo el curso de las corrientes de agua; al Oeste del Mississipi, en Iowa y Nebraska praderas con islas de bosques; estepas desnudas, que se convierten en verdaderos desiertos, al aproximarse a la Cordillera Rocallosa [*86*, p. 800].

Pero, como en la Pampa, la naturaleza salvaje ha sido invadida por los cultivos y la civilización [*67* a, cart. 23]. «Los americanos ansían disfrutar la pradera y se apoderan con avidez de aquella tierra fértil» [*121*, pág. 148] [1]. Es el país del trigo, de la avena y de la cebada, al que Chicago abre la puerta de salida mayor y donde late la vida de Saint Paul, Minneápolis, Cincinati y San Luis.

LA TIERRA NEGRA, el «tchernoziom» de los rusos, es otra estepa de llanura que abarca cerca de 1 millón de kilómetros cuadrados y cuya formación se debe a la destrucción y descomposición de los árboles y hierbas durante una gran sucesión de siglos. Suelo originariamente arenoso, mezclado de arcilla, fué fertilizado por esa descomposición, cuyas tierras marrones grisáceas tienen de 1 a 1 y ½ metros de profundidad. El cultivo, aquí como en la Pampa y en la Pradera americana ha transformado el suelo [2] hasta el punto que la Tierra Negra figuró hasta 1913 (año anterior a la gran guerra europea) como el lugar productor más importante de trigo del mundo entero [3].

Cabe advertir aquí que es un error de algunos autores, comparar las condiciones del suelo uruguayo con el «Tchernozion». En páginas siguientes se verá que el único parecido que puede encontrarse, es el de tener ambos suelos una vegetación poco variada y una evidente escasez de árboles. Por lo demás, difieren absolutamente desde un punto de vista climatológico.

---

1. **La muerte de la pradera.** — "Apresúrese el viajero que trate de recorrer las vastas praderas semejantes al mar, cuyo horizonte únicamente la redondez del globo limita, cuyas hierbas son tan altas que cubren la cabeza de quien las atraviesa y puede deslizarse en ellas un corzo sin ser visto. Pronto no existirán esas praderas más que en las narraciones de Croper. El arado inflexible las surcará. Las campiñas catastradas rigurosamente se dividen en "cowns hips" de seis millas en cuadro y se subdividen en millas cuadradas, repartidas en cuatro partes. Todos los cuadriláteros están perfectamente orientados y cada cara corresponde a un punto cardinal. Quienes adquieran cuadrados grandes o chicos, se librarán de desviarse de la línea recta; geómetras verdaderos, construyen caminos, levantan cabañas, abren viveros, siembran hortalizas, siguiendo la dirección del meridiano o del Ecuador. Las praderas, tan hermosas antes, de contornos muellemente ondulados, forman hoy un tablero inmenso... [**121**, ps. 148 y 149].

2. La estepa templada muere por el cultivo. Más adelante vamos a ver cómo el carácter estepario del Norte del Uruguay va desapareciendo, a medida que se marcha hacia el Sur, en virtud del avance de los cultivos.

3. **Los trigales del tchernoziom.** — Adviértase que se dice aquí "productor" y no "exportador". Rusia y por consiguiente la Tierra Negra, no exportaba cantidades muy grandes de trigo, pero alimentaba con él a una gran masa de población europea. Se oponían, según Maurette ["Les grands marchés des matières premières", pág. 38] a una exportación mayor, dos causas fundamentales: la existencia de un fuerte mercado nacional de adquisición en Rusia del Norte, país densamente poblado y poco productor y la escasez de organismos de comercio, vías férreas y de elevadores.

ESTEPA DE LOS KIRGUISES Y COSACOS. — Es la estepa por excelencia. Ocupa el Sur de Rusia, en torno de los mares Negro, Azoff y Caspio. En rigor hay aquí dos estepas: 1º la *Estepa Gris*, está al Norte del Mar Negro y del Mar de Azoff, prolongándose, a manera de cuña hacia el S. E., hasta tocar el Mar Caspio al pie de los Montes del Cáucaso. Como sólo está recubierta por una capa muy delgada de tierra arable, las masas calcáreas y graníticas del subsuelo afloran con frecuencia y como a esto se agrega un clima de lluvias escasas, se tiene una producción vegetal mucho menos abundante que en la Tierra Negra, pues está compuesta de gramíneas y vegetales de adaptación a la sequedad del suelo. Las estaciones regulan por esto mismo la existencia o ausencia de vegetación, que tiene un carácter temporal dependiente principalmente del calor. Durante el verano, de temperaturas muy elevadas, las plantas de bulbo florecen lozanamente y dan a la estepa un tapiz de colores muy vivos. Este tapiz muere al final del Verano, por exceso de calor, pero en el Otoño vuelve a renacer con una duración muy breve, al influjo de los primeros frescos que neutralizan el excedente de las altas temperaturas. El invierno que le sucede es riguroso en extremo. Todo el país se cubre con un manto de hielo, que imposibilita la vida vegetal y sólo cuando sobrevienen los primeros calores primaverales, renace la estepa a la vida.

El nomadismo

La estepa rusa es un ejemplo vivo de la influencia de la naturaleza sobre el hombre. El pastor Kirguiz que la habita, constituye el hombre nómade por excelencia. Dependiendo su vida del ganado que cuida, está obligado a seguirle en todas sus exigencias de alimentación. El Verano excesivo del Sur, que seca los pastos, le impone un viaje hacia el Norte y el invierno excesivo del Norte, le impele hacia el Sur. Vive, pues, en movimiento perenne, no por costumbre, sino por necesidad. «Ni la razón ni la experiencia admiten pueblos sin arraigo, es decir, sin un dominio donde ejercer su actividad que asegure y mantenga su existencia. No hay grupo, aun mismo entre los más bajos de la escala social que no tenga o reivindique enérgicamente su territorio. Se dice que las más humildes poblaciones australianas tenían el hábito de determinar con piedras o ciertas marcas conocidas, los espacios en los cuales podían proveer las necesidades de la caza, recolección, provisiones de agua y de leña. La extensión suplanta la insuficiencia y, en general, los grupos más indigentes son los que reclaman mayor espacio» [*153*, ps. 34 y 35].

2º *La Estepa blanca*, ocupa las depresiones del Norte del Mar Caspio, que no son más que el lecho abandonado por éste. El suelo, muy salado, sólo permite la existencia de un pasto corto, duro, espeso y velludo, pero en general es un país de una pobreza desoladora.



(Fot. N. N.)

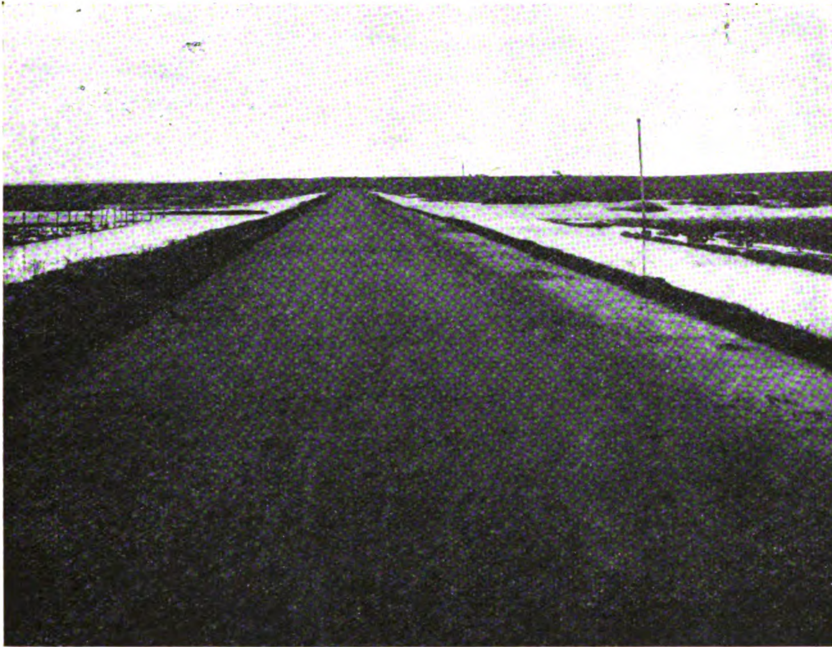
FIG. 92. — *LA INUNDACION.* — *Curso superior del rio Cuñapirú (Rivera) salido de madre, después de una gran lluvia.*

LLANURAS PANTANOSAS. — *La Tundra.* — Es una llanura fría y desolada que acompaña al Círculo Polar. Se halla en el Norte de Rusia, de Siberia y del Canadá. «El subsuelo está eternamente helado. Sólo la superficie se deshiela todos los años y se transforma en un suelo esponjoso que se oculta bajo los pies. El invierno dura ocho meses y al fin de la primavera, las plantas tienen una vida activa de cuatro meses bajo el azul pálido del cielo de verano. También la vegetación es raquítica y mezquina; el carácter esencial de las plantas es la pequeñez de su talla. La mayor parte apenas alcanza algunos centímetros fuera de la superficie del suelo. Se ven allí sauces de tres centímetros y abedules de seis que tienen muy pocas y pequeñas hojas, pero, en cambio, muchas raíces y tallos subterráneos muy desarrollados» [*«Europe» Fallex*, pág. 209] [1].

Se distinguen dos tundras: la de musgos y la de líquenes. La primera es pantanosa o muy húmeda. Las turberas se encuentran frecuentemente en ellas. La de los líquenes es más seca y corresponde a las partes más elevadas y pedregosas.

El *bañado* o *pantano*, llamado también *estero* es una llanura cubier-

1. Para más datos acerca de las condiciones físicas y de la vida en la tundra, puede consultarse el libro de Maud D. Haviland "De la taiga y de la tundra".



(Fot. Of. Comercio Externo).

FIG. 93. — *EL BAÑADO. — Camino carretero de Melo a Aceguá. A un lado y otro de la vía de tránsito se pueden ver las aguas paralizadas.*

ta de aguas poco profundas, cuyo lecho blando y sin declive, ofrece, por lo general, una vegetación típica. Hay bañados permanentes y otros que se forman por temporadas dependiendo su existencia del agua pluvial más o menos abundante.

Los de agua dulce tienen generalmente por origen un arroyo o río poco ahondado y de escaso declive[1], que las lluvias excesivas hacen salir de madre (*crecientes* y *desbordamientos*). Cuando las aguas de la inundación se retiran, quedan, en una zona de anchura variable, partes llenas de brazos, *gajos* sin desagüe y porciones de aguas estancadas, de muy difícil o imposible tránsito. Es el caso de muchas corrientes de nuestro país, (Bañados de *Caraguatá*, de *Toledo*, de *India Muerta*, etc.).

Otras veces el llano forma una depresión hacia la cual convergen las aguas pluviales o corrientes que se forman durante las lluvias, y como, por lo general, carecen de comunicación con una vertiente más amplia,

1. El Río San Luís, de nuestro departamento de Rocha, tiene un declive tan suave, que en muchas ocasiones, cuando sopla viento del Este, las aguas de la Laguna Merím lo remontan fácilmente, convirtiéndose su desembocadura en un verdadero estuario. Un hecho análogo ocurre en el Río Yaguarón, sobre todo al fin del invierno o de la primavera. La Villa de Rio Branco queda de esta suerte en medio de terrenos inundables, de modo que sólo podía comunicarse con tierra firme por medio de embarcaciones. El nuevo puente internacional salva, en parte, este inconveniente.



(Fot. de A. Duque).

FIG. 94. — *UNA TURBERA, en explotación en los alrededores de la ciudad de Maldonado.*

vierten en ella todos los detritus que arrastran, dando lugar a la formación de fangales. Un ejemplo muy interesante de esta clase de pantanos lo ofrece la Provincia de Buenos Aires, donde son numerosas las corrientes temporarias que mueren en bañados, llamados a veces impropiamente lagunas.

No puede olvidarse tampoco, tratando el origen del agua de los pantanos, el papel que desempeñan las aguas subterráneas más superficiales (*freáticas*) las cuales "afloran" en determinados sitios dando lugar a regiones anegadas, en la época en que faltan las aguas superficiales. "Los pantanos de agua freática que se han formado en el limo pampeano de los alrededores de Montevideo, dan nacimiento a numerosas cañadas temporarias" [*158*, pág. 35].

Un grupo aparte de cuantos hemos descripto son los pantanos de agua salada, llamados erróneamente salitrales en algunos lugares de América del Sur [1] y entre los cuales bien pueden ser incluidos algunos conjuntos de agua llamados lagunas.

Estas lagunas—dice L. W. Collet [*38*, pág. 164]—han sido primitivamente lagos de agua dulce poco profundos, como lo muestra claramente la topografía, frecuentemente formados en el curso de los ríos por barreras de dunas. La laguna de Mar Chiquita (Provincia de Buenos Aires) es un hermoso ejemplo. La acentuación de la sequedad del clima, después de la formación del emisario, puede convertir la laguna en un pantano salado.

---

1. El verdadero nombre sería el de salinas. Salitral parece derivar de salitre ("nitrato de soda") cosa bien distinta de lo que se quiere expresar.

En las regiones pantanosas de nuestro país la vegetación está formada por "juncos, pajas bravas y chircas" [*35*, pág. 58] que al morir se descomponen en el lecho dando lugar a la formación de *turberas* como las que se han encontrado en Maldonado y Canelones (Solís Chico) [1].

Estepas patagónicas. — Son en verdad varias llanuras escalonadas en descenso hacia el Atlántico, que constituyen verdaderas mesetas. Tienen un carácter estepario pero debido a las condiciones climatéricas se aproximan, por la calidad de su vegetación, al tipo disértico.

Aun cuando en rigor no pueden ceñirse estrictamente los límites fitogeográficos a los límites climatológicos, es incuestionable que existe una gran relación entre ambos. En el esquema de la figura 89, se ve, en blanco, una zona disértica que va desde Tierra del Fuego a la Meseta de Bolivia. Esta zona corresponde, en cierto modo, a la región fitogeográfica llamada por algunos investigadores patagónico - boliviana. Como sus caracteres, a estar a estudios recientes, no son del todo ajenos a la vegetación de nuestro territorio, conviene agregar aquí que la vegetación que la cubre es frecuentemente xerófila debido a la sequedad del suelo y la escasez de lluvia. Esto no obstante, es necesario decir que existen diferencias notables entre la parte Sur y Norte de la zona, en lo que respecta al aspecto fitogeográfico. En la parte más meridional, limitada al norte por el curso del Río Colorado, el clima seco y el suelo pedregoso han reducido la vegetación a un aspecto raquítico, cuyo exponente más vigoroso hay que buscarlo sólo en arbustos. Al norte, por causas atribuibles a la mejor calidad de la tierra, y a la proximidad de las montañas, que facilitan más las precipitaciones, la vegetación es más robusta y abundante. Predominan allí las extensiones herbáceas y aparece el tipo forestal de *monte*, de molles y algarrobo, principalmente, cuya densidad crece a medida que se avanza hacia el trópico.

Para una exacta interpretación de cuanto queda dicho, es necesario no olvidar que el límite que a estas zonas de vegetación les asigna el croquis fig. 89, responde sólo a una idea de generalización, pues las características de una zona penetran con frecuencia y se extienden, mez-

1. **Las turberas del Uruguay.** — "Se ha encontrado turba hacia el Oeste y Este de la ciudad de Maldonado, a lo largo de la orilla del mar y lagunas de los alrededores. A 1000 metros al sudoeste de la ciudad, el depósito de turba ha sido beneficiado para usarse como combustible. El lecho ha sido descubierto en unos 200 metros. En su mayor parte está cubierto por arena. El yacimiento tiene un espesor de unos 5 metros y parece extenderse hasta la ciudad. Todo está más o menos mezclado con arena y arcilla.

En la mayoría de los países civilizados, la turba se ha convertido en un problema importante y hay toda clase de motivos para que le prestemos aquí nuestra completa atención especialmente en vista del hecho de que en el país hay pocas fuentes naturales de fuerza motriz. El uso de la turba como fuerza motriz en generadores de gas, ha probado, aún en países donde hay a mano carbón barato, que puede competir con el carbón dando la misma seguridad de trabajo y mayor eficacia. El gas de turba va ganando continuamente mayor aplicación como combustible y agente reductor en la industria de hierro y acero, debido a las pequeñas cantidades presentes de azufre y fósforo y a la pequeña cantidad de escorias producida... El clima del Uruguay es muy favorable para la producción de la turba, desde que las turberas se podrían laborar durante todo el año y no, como en muchas partes, durante los meses de verano solamente [R. MARSTRANDER, "Riquezas minerales del Uruguay", pág. 41].

clándose con las de otra zona linderas, de suerte tal que se les puede reconocer a gran distancia de las líneas esquemáticas que se han fijado.

Un investigador alemán H. Seckt, citado por Walther [*158* pág. 140], hace notar que, en la región patagónico - boliviana hay un trozo territorial llamado por sus características vegetales análogas a las que se encuentra entre los ríos Paraná y Uruguay, *Mesopotamia*. En las riberas de los ríos y arroyos de esta región intermedia entre dicha formación y la pampeana, se encuentra la mayor variedad de plantas que pueden imaginarse en una región no tropical. "Los bordes de los ríos están amenudo acompañados de los llamados bosques de galería y en las islas fluviales predominan los árboles. Entre ellos se encuentran los talas (*Celtes*), ceibos (*Erythrina*), muchos sauces y también palmeras. Los matorrales son muy espesos, el suelo está cubierto de helechos y de musgos. La riqueza en agua se manifiesta, sobre todo, en los pastos y en un sinnúmero de variadas plantas pantanosas" [*158* página 140].

Entre las llanuras pantanosas deben ser incluidas las *Llanuras de Paletuvios,* características de las costas anegadizas de las regiones cálidas. En ellas, los árboles que la forman, por una curiosa adaptación xerófila, alargan sus raíces leñosas, de suerte tal que quedan al descubierto cuando la marea baja, en tanto que se sumergen cuando ella sube. Caben entre este aspecto una gran variedad [*86*, pág. 791 y *112*, pág. 692].

SABANAS. — Son formaciones típicas de las regiones cálidas, con relativa escasez de lluvia. Son herbáceas, cerradas o mixtas y con una gran adaptación xerófila. Dentro de estas características generales cabe una notable variedad de formas vegetales, lo cual hace que les distinga según el lugar, con diferentes nombres.

Campos y catingas del Brasil. — La sabana herbácea invade, en el Brasil, las regiones altas de la Meseta, formando conjuntos de hierbas altas, árboles espinosos (árbol botella, etc.) palmas acuáticas y grandes tunas. Donde reinan estas condiciones se llama *catinga* y donde la sequedad del clima clarea la selva (asociación abierta) o en ella no forma grandes conjuntos y se limita a seguir el curso de los ríos (selvas - galerías) predominando los pastos en grandes superficies, se dice que domina el *campo.*

Llanos de Venezuela. — En la sabana venezolana, el llano está cubierto de altas yerbas que se mezclan con palmeras, ricas en epífitos y lianas muy desarrolladas que le dan un aspecto muy característico. Pero las condiciones climatológicas dependientes en gran parte, de las lluvias, hacen cambiar, en ciertos lugares de la sabana, el aspecto del conjunto [1].

---

1. **Los llanos de Venezuela.** — Durante la estación seca, el suelo, endurecido, se agrieta como si lo hubieran conmovido violentos terremotos; las boas y los cocodrilos se duermen hundidos en el barro seco; los caballos y las fieras, atormentadas por

La sabana de Africa. — Se encuentra formando dos franjas de ancho variable, una al N. de la selva tropical, que abarca las cuencas del Niger y del Nilo Superior y otra al S., que comprende los tributarios meridionales del Congo, el Zambeza y la parte interior de Africa Oriental, prolongándose hacia el Septentrión hasta juntarse con la sabana del Norte [67 carta 73]. Constituye una extensísima llanura, llena de altas hierbas que las inundaciones de las épocas lluviosas cubren en muchos lugares. El árbol característico es el *boabad,* que ya se ha descripto, pero en numerosos lugares va acompañado por otros ejemplares arbóreos como ser palmeras bajas, la acacia - quitasol, etc. En el Sur hay una formación mixta de sabana y matorral, llamada *bruse.*

LA JOUGLA HINDÚ. — En la India, la sabana se llama *jougla.* Sus ejemplares vegetales predominantes son los bambúes, los helechos arborescentes, las palmeras, los bananos, etc.

EL DESIERTO

El desierto, llanura donde si la vegetación no es enteramente nula, por lo menos es sumamente pobre, debe su origen a la gran sequedad del clima y no a la infertilidad del suelo, como se creía antes. Los trabajos de Rolland [1], F. Foureau [2] y de E. F. Gautier [*60,* pág. 139] relativos al Sahara; los de Sven Hedin sobre los desiertos asiáticos y los de los geólogos estadounidenses sobre los de América del Norte, nos han dado nuevas vistas acerca del aspecto de estas formaciones. Dejando para más adelante (al estudiar la erosión) la explicación de su origen, digamos sólo aquí que hay dos clases de desiertos: el desierto pedregoso y el desierto de arena. El primero, está formado de guijarros y se llama, en el Sahara, *hamada.* El segundo, (*erg* en el mismo desierto, *areg* en plural) forma montículos de arena llamados dunas. [3]

---

la sed y el hambre, tienden el cuello aspirando el aire fuertemente para descubrir algún arroyo no enteramente evaporado.

Al calor abrasador del día, sucede una noche tan larga como el día, pero ni aún entonces tienen reposo las bestias. Durante sus sueños les chupan la sangre, cual vampiros, murciélagos monstruosos, mil especies de mosquitos.

Cuando después de prolongada sequía se acerca al fin la estación bienhechora de las lluvias, cambia súbitamente la escena; a veces, al decir de los naturales del país, se mueve y se levanta el suelo a los bordes de las lagunas y charcos, se oye un ruido violento como el de la explosión de pequeños volcanes, salta la tierra y aparece una serpiente acuática monstruosa o un cocodrilo acorazado que sale de su tumba, despertando de su aparente muerte a las primeras gotas de la benéfica lluvia.

Entonces los animales que en la primera mitad del año se morían de sed en la arena, se ven obligados por la naturaleza a vivir como anfibios; la llanura presenta la imagen de un vasto mar; las yeguas y los caballos se trasladan buscando su alimento en las hierbas que sobresalen por encima de las aguas en fermentación; muchos caballos se ahogan y otros son devorados por los cocodrilos; se ven con frecuencia caballos, yeguas y vacas salvados milagrosamente del feroz caimán, llevando la marca de sus agudos dientes. — ALEJANDRO DE HUMBOLDT.

1. Parte de los trabajos de este autor fueron publicados en el Boletín de la Sociedad Geográfica de Francia bajo el título "Sur les grandes dunes du Sahara". — 1882.

2. "Maission saharienne". — París. — 1900.

3. **Cruzando el Desierto.** — "Desde el amanecer andábamos por el desierto. Primero vimos el Sol por detrás del horizonte, pálido, con la silueta difumada por la neblina y grande, muy grande; después fué ascendiendo, empequeñeciéndose y re-



(Fot. "La Terre" de Robin).

FIG. 95. — *EL HAMADA es la parte más árida y desolada del desierto del Sahara. Realiza el tipo más perfecto del desierto pedregoso.*

En el desierto de arena no hay una ausencia total de vegetación, pues, aun mismo en las dunas del Sahara se encuentran algunas trazas vegetales (Talha, Retem, Drin, etc.) [*86*, pág. 663]; pero en el desierto de piedra, las condiciones son de mayor aridez y desolación.

La parte pedregosa (hamada) está cruzada por valles de ríos cuyo cauce seco tiene, no obstante, una circulación de agua subterránea, puesta de manifiesto por los pozos que se alinean en el largo de su lecho. Estos valles reciben el nombre de *wadis,* vale decir, cauces, y es en ellos donde se encuentran puntos de gran fertilidad llamados *oasis,* demostración inequívoca de que lo único que hace falta al desierto para convertirse en una comarca productora es el agua.

EL HOMBRE EN EL DESIERTO

Todas las plantas saharianas, tienen de común la ingeniosidad para defenderse contra la sequedad [*60*, pág. 19] y este carácter es también común a los animales que en él viven. El más típico de éstos, el

---

dondeándose bien, anegándolo todo con sus rayos, que caían aplomados, calentando la arena, salpicándonos de reflejos que nos cegaban. Todo parecía color de oro; el cielo, la tierra, el mismo aire, todo era luz, luz intensa que lo llenaba todo y que parecía entrar en nuestros pulmones al respirar, luz difusa que no daba sombra, como una especie de fosforecencia del aire, de la tierra y del cielo. Pero era una luz que quemaba, como quemaba el aire que respirábamos y la arena que pisábamos, andando fatigosamente abriendo bien la boca a cada inspiración, como el pez fuera del agua, porque nos ahogábamos allí, en pleno aire.

Y el sol iba subiendo y quemaba cada vez más; mi termómetro señalaba 60 grados centígrados!

Empecé a sentir una quemazón extraña, como si pasara fuego por mis venas; mi cara ardía; en mis sienes y dentro de la cabeza sentía un martilleo horrible... todo lo veía encarnado y borroso... las piernas no podían sostenerme. Después una nube encarnada, como una mancha de sangre, pasó ante mí cubriéndolo todo, llenando el desierto; dí otro paso, mis rodillas se doblaron y caí en tierra ¡ebrio de sol!".



(Fot. "La Terre" de Robin).

FIG. 96. — *EL ERG. — Es la parte arenosa del desierto del Sahara. Las acumulaciones de arena adquieren a veces hasta 400 metros de altura formando montañas movedizas que marchan de aquí para allá al impulso del viento.*

camello, tiene las patas largas y esponjosas, como calzadas con pantuflas o alpargatas y admirablemente acomodadas al terreno blando y seco del reg, donde no se hunde como lo harían, por ejemplo, los cascos puntiagudos del caballo [*52*, pág. 272]. Pero el hombre que vive en su seno, encuentra los más grandes obstáculos, en la inmensidad del espacio que rodea el oasis que alberga. Por esta razón, el calificativo de "islas del desierto" que se ha dado al oasis, es apropiado. E. F. Gautier, el sabio profesor de la Universidad de Argel, ha sido más expresivo diciendo: "todo oasis del Sahara tiene algo de presidio". "Los sedentarios, — comenta L. Febvre — están allí prisioneros: ¿cómo pueden salir? ¿Por qué medios, con su inexperiencia de las rutas y de los pozos, sin animales de carga, su temor legítimo a los salteadores de caminos? Están, pues, sujetos a sus palmas tan seguramente como con cadena" [*52*, pág. 271].

Y lo que pasa en los oasis saharianos, ocurre con todos los oasis del mundo. Pero este aislamiento no da al sedentario, como podría imaginarse, seguridades de una vida apacible. Su propia condición de conquistador de un trozo productor del desierto le mantiene en continua zozobra. El nómade que va de acá para allá, aguijoneado por el hambre, en busca de alimento para su tribu, codicia la riqueza del suelo y la amenaza. Hay allí, entonces, un perenne temor a la *razzia* y un espíritu de abierta hostilidad al nómade que pasa a la vista del oasis. Y así, muchas veces, el sedentario acecha, apoyado en sus pozos y en sus árboles, el tránsito de una caravana para atacarla y robarle el ganado con lo cual se asegura, por un tiempo al menos, su retorno [*52*, página 273].

Desde un punto de vista político, los desiertos son — a decir de



FIG. 97. — *VICTORIA REGIA del Rio Paraguay. Planta acuática de las regiones tropicales y subtropicales.*

Ratzel — "zonas pasivas", pues en él se ahogan las formaciones de estados [*148*, pág. 112]. El desierto no es más que un vacío político o una zona neutra reservada a la expansión o al choque de ambiciones lejanas... El nomadismo estorba o impide por completo la formación de esos *núcleos de relaciones* en que se fijan los estados nacientes, y en esas extensiones de arenas o de rocas, desprovistas de vegetación forestal y de agua permanente, donde el viento y el sol trabajan enérgicamente por borrar y nivelar todas las desigualdades y todos los salientes de la superficie de la tierra, las determinaciones de fronteras son difíciles y con frecuencia ilusorias [*148*, pág. 114].

APÉNDICE

CLASIFICACIÓN DE LOS VEGETALES POR LA HUMEDAD. — Sin una determinada cantidad de humedad no es posible la existencia de los vegetales. La falta de ella o su exceso, determina la desaparición de las plantas. Desde este punto de vista las plantas se dividen en acuáticas, xerófilas, higrófilas y tropófilas.

Las plantas acuáticas tienen generalmente tallos largos y blandos, hojas de gran superficie o muy numerosas y raíces reducidas. Los tallos largos y las hojas muy amplias o numerosas están destinadas a favorecer la evaporación. Las raíces reducidas, por su parte, tienden a disminuir la absorción. Son características de los pantanos, lagunas, terrenos con suelo impermeable, etc. (Fig. 97).

Las plantas xerófilas (amigo de la humedad), están organizadas para captar la más mínima cantidad de humedad que pueda existir en el aire o en la tierra y a la vez, evitar su evaporación. Los árboles de esta categoría son generalmente de tallo pequeño, recubierto de una capa leñosa o espinosa y tienen pocas hojas, casi siempre de forma alargada. En otros casos el tallo es espeso, blando, esponjoso, apto por consecuencia, para almacenar agua. Las hojas de algunos ejemplares, como el eucaliptus. están organizadas de suerte que se colocan de perfil al sol a objeto de presentar menor superficie de evaporación. Por esta misma razón no dan sombra.

En las plantas herbáceas, las características generales del tipo xerófilo no desaparecen: raíces en racimos o largas fibras que penetran en el suelo a mucha profundidad; tallo muy corto, hojas reducidas, a veces, a verdaderos hilos o espinosas, etc. En los cactus, agaves, sedum, etc., el tejido clorófilo rellena el parénquima de los tallos y acumula humedad.

El "boabad africano" (fig. 99), y el "árbol botella" del Brasil de tronco cubierto de espinas son dos formas del árbol xerófilo que tienen verdaderos recipientes de agua para resistir las sequías.

Las plantas higrófilas (amigo de la humedad), son de clima húmedo y, por consiguiente, todas sus características, difieren de las plantas xerófilas. Tienen tallo largo, hojas grandes o abundantes, raíces poco penetrantes. Ejemplo: la palmera.

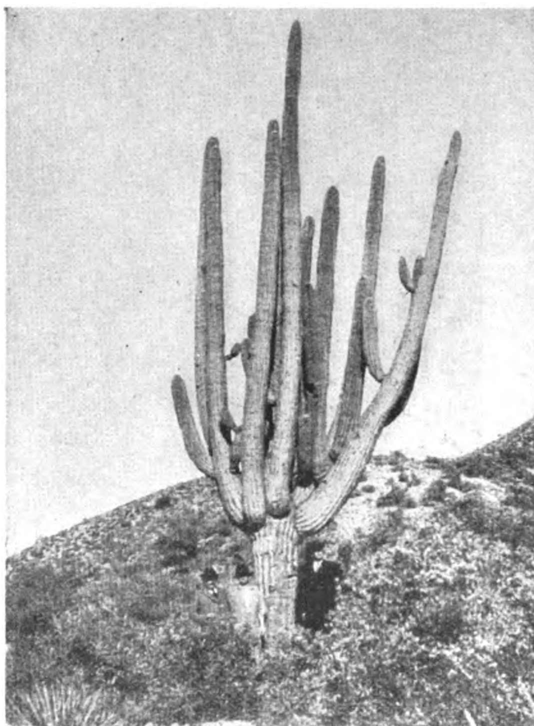


Fig. 98. — *UN CACTUS GIGANTE. — Símbolo de la cesación del desierto (México).*

Las plantas tropófilas (amigo de un régimen especial), son las que pertenecen a climas de estaciones sucesivas secas y lluviosas y tienen alternativamente caracteres xerófilos e higrófilos. Por esta razón, la mayor parte de los árboles de las regiones tropicales, donde las lluvias se reparten por estaciones, pierden sus hojas y entran en reposo durante la estación de la sequía. "La pérdida temporaria de las hojas, permite a las plantas tropicales adaptarse a los climas más secos, a condición de que dispongan de dos o tres meses de lluvias regulares. Cuanto más prolongada es la estación seca, más se acentúan los caracteres xerófilos de la vegetación: el tronco y las ramas adquieren un desenvolvimiento inusitado en ciertos árboles como el boabad, o espinas cubren todas las partes leñosas, como en las acacias. La estructura higrófila de las hojas, forma un contraste sorprendente; éstas son delgadas, divididas, ricas en estomas. Ellas se alimentan durante el espacio de tiempo que dura la corta estación de las lluvias, asimilan lo más posible y se apresuran a cumplir rápidamente el ciclo que conduce a la reproducción [**86**, pág. 758].

Las plantas de la zona templada de inviernos definidos, son también tropófilas. El verdadero sentido del establecimiento del reposo vegetativo durante la estación fría, es la protección contra la sequía. Es desde este punto de vista que conviene colocarse para comprender el efecto fisiológico de las bajas temperaturas. La subida de la savia no depende solamente de la humedad del aire y del suelo, sino también del calor. Detenida por el frío, ella no permite a la planta, alimentarse en el agua [**86**, pág. 759].

Un gran número de arbustos y árboles de las regiones templadas frías son xerófilos casi todo el año. Tales son la mayor parte de las coníferas: pinos, abetos, etc. [**86**, pág. 760].

La adaptación tropófila es también propia de las plantas herbáceas.

CLASIFICACIÓN DE LAS PLANTAS POR LA EXIGENCIA DE CALOR. — Las plantas que no pueden desarrollarse bien sino a temperaturas superiores a 20º se llaman "megatermas"; las que se adaptan alrededor de los 15º "mesotermas"; las que viven arriba del 0º pero alrededor de él, "microtermas" y las que resisten temperaturas bajo cero, "hekistotermas". Hay para cada planta un "cero específico" [**86**, página 748] por debajo del cual la vida no es posible. Si el termómetro queda por debajo de él durante varios días y a veces durante algunos minutos solamente, es la muerte segura. Hay también un límite superior que la temperatura no puede sobrepasar sin dañar la vida de la planta. Hay, en fin, una temperatura "optimun" en la cual la planta adquiere su máximo vigor. Estas son, según la expresión de Shimper, los "puntos" críticos de la vida de la planta".



(Fot. de Martonne).

FIG. 99. — *BOABAD, árbol africano típico de las regiones donde los periodos de sequía son muy prolongados.*

De acuerdo con esta clasificación las plantas deberían distribuirse rigurosamente por zonas climatéricas, pero por esfuerzos especiales de adaptación, ciertas especies resisten temperaturas fuera del límite que les está asignado. Estos procedimientos son generalmente la vida latente y la rapidez de la evolución.

Las plantas que persisten por vida latente, suprimen o "detienen ciertas funciones, y, por lo tanto, desaparecen los órganos encargados de ella en la época de los fríos intensos. La perpetuación se hace entonces por un germen capaz de resistir el frío, como sucede con las plantas anuales [86, pág. 657]. Pero en algunos casos ("coníferas) el paso a la vida latente se hace sin grandes manifestaciones.

Otras veces, según se ha dicho, la adaptación de la planta a la temperatura, se hace por la rapidez de la evolución, que ocurre completa en el período más favorable. Se diría, así, que el observador está viendo la evolución en cada instante.

INFLUENCIA DE LA LUZ EN LOS VEGETALES. — La luz que recibe un vegetal es concomitante con la temperatura y con la insolación. Por la misma razón que la temperatura influye en la vida vegetal, la luz tiene una gran importancia y aun cuando aún no se ha podido determinar en qué grado interviene ella, se sabe que hay un "punto optimum" y un "cero específico".

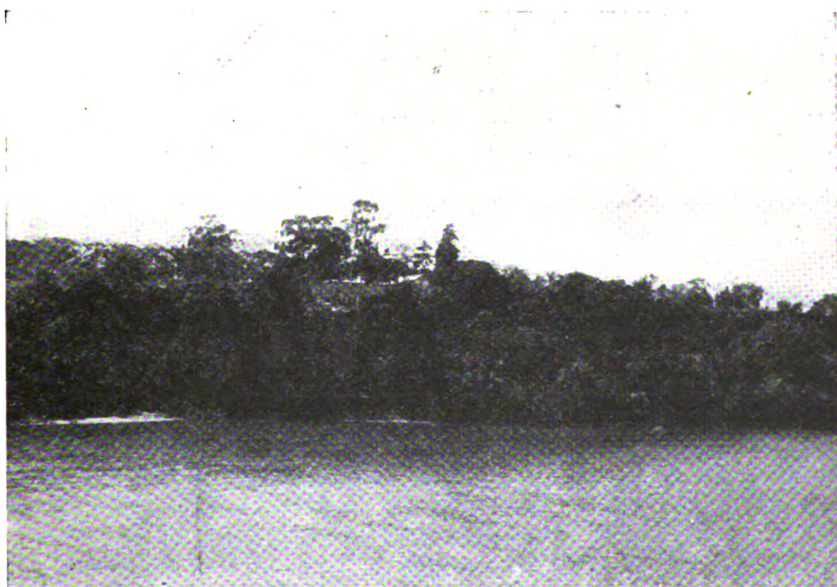
La alternativa de la luz y de la sombra tiene también importancia en la vegetación, de suerte que estos fenómenos deben traducirse en las vegetaciones correspondientes a las diversas zonas geográficas. A estas causas de diferenciación hay que agregar todavía las que provienen de los contrastes de luz y de sombra que establece el relieve del suelo y aun mismo las condiciones en que se encuentra la vegetación con respecto a las agrupaciones de otros vegetales. La sombra que proyectan los grandes árboles agrupados (bosques) favorecen el crecimiento de plantas que sólo requieren una débil iluminación. Estas se caracterizan, generalmente, por los colores apagados, la reducción de sus flores y por el mayor desarrollo de los órganos llamados vegetativos. Por el contrario, las plantas de luz tienen grandes tallos, hojas grandes y abundantes y flores de coloraciones muy brillantes.

LA LLANURA ONDULADA DEL URUGUAY.

Hemos consagrado una extensión mayor que la que habitualmente conceden los libros de esta índole a la descripción de las llanuras y, muy especialmente, a las llanuras sud-americanas, porque, en su análisis podemos encontrar la explicación de las formas características de nuestro territorio. En capítulos anteriores analizamos, en efecto, las causas fundamentales del relieve nacional, dependiente, de un modo muy directo, de la constitución geológica; pero estando el paisaje geográfico estrechamente ligado no sólo a la faz topográfica, sino también a las asociaciones vegetales, no podría darse una buena idea del conjunto, sin tener en cuenta el aspecto y distribución de las plantas, ligadas, a su vez, a las condiciones del suelo y del clima.

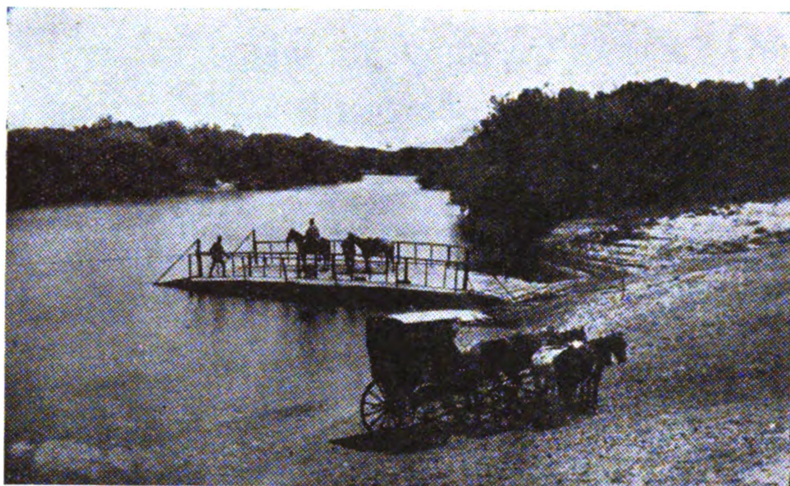
La geología nos demuestra que el territorio nacional consta de un terreno formado por rocas muy antiguas, llamado en conjunto *Basamento Cristalino*, el cual se encuentra en todo el país, pero que, en la parte Norte está recubierto por una estratificación perteneciente al *Continente de Gondwana*.

En estas dos estratificaciones afloran, de cuando en cuando las rocas cristalinas cuya presencia se denota en el paisaje por las formas redondeadas (características de la zona Sur) donde el Basamento Cristalino no soporta la estratificación gondwánica. Encima de todo, es de-



(Fot. Of. N. Comercio Exterior).

Fig. 100. — *COSTAS ALTAS DEL RIO URUGUAY. — La costa uruguaya es, por lo general alta y está dotada de montes.*



(Fot. Fernández).

FIG. 101. — *RIO TACUARI. — Tipo de selva - galería raquítica (monte), que no llega a formar bóveda por la poca corpulencia de sus ejemplares.*

cir, sobre el Continente de Gondwana y el fundamento cristalino está el pampeano.

Consecuencia general de la disposición es el predominio, en el Norte, de los Cerros aplanados y, en el Sur, de cerros de cúpula. Pero aun en las regiones de mayor relieve se presenta siempre la tendencia a las formas redondeadas y onduladas que son las líneas constructivas del paisaje uruguayo, tan rico — por este mismo predominio del granito impermeable — en corrientes de agua. En los lugares más horizontales tampoco deja de descubrirse esa ondulación típica, cuyas partes bajas traducen siempre la trayectoria de una corriente de agua y un agrupamiento de árboles. La distribución irregular de las lluvias, con sus característicos períodos de sequía, impide el crecimiento de árboles allí donde un arroyo o un río no asegure un abastecimiento permanente de agua. Esta condición que da a nuestros *montes* (figura 101 una disposición muy semejante a la de las selvas - galerías de las regiones sub - tropicales, unida al predominio de los pastos, permite decir que las asociaciones vegetales del Uruguay constituyen una interpolación entre las que caracterizan la región pampeana y la región mezopotámica, ya descriptas, con evidencia de las plantas adaptadas a la variable humedad del medio como ser la *chirca* (Eupatorium buniforium), el *cardo* (de diversas especies) las leguminosas de flores amariposadas (papilionáceas), el *hinojos* y el perejil (*umbelíferas*) [1], etc. A estos elementos habría que agregar la *vegetación de pedregales* o de

1. De **umbella**, quitasol.



(Aten. de Herter).

FIG. 102. — *PALMARES DE CASTILLOS (Dep. de Rocha).*

sierras, como le llamó Gassner, el primer profesor de botánica que tuvo nuestro Instituto Nacional de Agronomía [1], la cual se manifiesta, acaso, por una mayor persistencia del agua entre los bloques de piedras y especialmente en el granito, entre cuyos intersticios asoman, en la estación propicia, flores de colores brillantes, y *palmares* típicos de las regiones del Este del país (Palmares de Castillos, de San Luis, etc.) (fig. 102). [2]

En resumen, caracterizan el paisaje uruguayo: suelo ondulado; cerros aplanados en el Norte y de cúpula en el Sur; hondonadas surcadas por corrientes de agua que mantienen en sus orillas *montes* a la manera de selvas - galerías; grandes extensiones de gramíneas con predominio de plantas adaptadas a la variabilidad higrométrica (*chircas*); ausencia casi total de árboles a no ser a orillas de ríos y de arroyos o en lugares donde aflora el agua subterránea (*islas*) y rasgos de estepa más acentuados a medida que el observador se aleja de los cultivos del Sur.

A estas características generales, hemos de agregar después otras que surgen del estudio detallado de las fuerzas exógenas que actúan sobre el paisaje.

1. Hay una obra de este profesor de gran interés para nuestro país. Fué publicada en Jena el año 1913 y se titula "Vegetatiensbilder von Uruguay".

2. Recomendamos la lectura de un trabajo del Prof. Herter titulado "Un viaje botánico a los Palmares de Castillos".

IV. LITOESFERA

LOS VOLCANES

La *vulcanología* es una parte de la geología que trata de explicar las erupciones del material ígneo que experimenta nuestro planeta. En su aspecto geológico, investiga el origen de esos fenómenos; en su aspecto geográfico, describe las modificaciones que éstos introducen en la topografía.

Definición de un volcán. — Para Lapparent el volcán "es un aparato natural por el cual la superficie de la corteza terrestre se pone en comunicación, de una manera permanente, con los materiales fundidos del interior". Para Macpherson "es una grieta o abertura que se establece en la corteza terrestre y que la pone en comunicación con la profundidad" [*84*]. En fin: para De Martonne "los volcanes son aparatos más o menos complicados, producidos por el amontonamiento de materias arrancadas al interior del globo, en torno del orificio de salida" [*86*]. Estas y otras definiciones nos inducen, pues, a tomar con ciertas limitaciones la noción elemental, de que los volcanes son siempre "*montañas* que arrojan fuego, humo y otros materiales por una boca denominada cráter".

En párrafos subsiguientes vamos a ver, en efecto, que hay volcanes que no forman montaña.

Elementos constitutivos de un volcán. — Los volcanes constan por lo general, de cuatro partes fundamentales: un depósito de materiales internos u *hogar volcánico* — al decir de Mercalli — [*91*, pág. 34]; la chimenea que los conduce al exterior; el cráter o boca de salida y el cono (cuando existe).

a) El depósito u hogar volcánico.—Poco o nada se sabe de él en concreto: ni su profundidad ni su naturaleza han podido ser conocidos directamente, pues si el dinamismo de sus productos ha servido para calcular la profundidad del foco, la constitución física de los materiales expulsados y la naturaleza del lugar de donde aquellos proceden, nada pasa del límite de las deducciones.

Un problema al cual se han abocado los geólogos de largo tiempo atrás, es saber si el depósito es único para todos los volcanes; si cada uno tiene el suyo o si un depósito sólo puede dar lugar a varios volcanes.

En toda la mitad del siglo XIX predominó la idea del *fuego central*, vale decir, la creencia de que el interior del planeta estaba ocupado



(Fot. de Harding).

Fig. 103. — *VOLCAN CERRO NEGRO en su erupción de 1923. Tipo de cráter terminal.*

por una masa fluida (líquida o gaseosa) y que, por lo tanto, todos los fenómenos eruptivos se servían de este hogar gigantesco. Más tarde pudo dudarse de su existencia por cuanto las bocas permanentemente abiertas de volcanes como el Kilauea (Hawai) y el Stromboli, no acusaban fluctuaciones del nivel de su magma, como lógicamente debiera ocurrir por las mareas internas a que necesariamente tendrían que estar sometidos todos los depósitos volcánicos por la atracción de los astros.

Para reaccionar contra esa idea, algunos geólogos supusieron que la Tierra constaba de tres elementos o capas: 1º una corteza sólida; 2º un estrato de magma continuo y 3º un núcleo interno, a alta temperatura pero en estado rígido debido a las grandes presiones [1]. Scrope, Lyell y otros, combatieron esta idea y, en la actualidad casi todos los geólogos se inclinan a aceptar, según lo veremos más adelante, la idea de que cada volcán o cada grupo de volcanes tiene su depósito propio.

Wegener, modernamente, considera que la corteza de sial tiene incluídas masas de sima, las cuales, en ciertas circunstancias, debidas a fuerzas laterales, serían expulsadas hacia el exterior, de igual modo que lo hacen hacia adentro.

b) La chimenea volcánica — Es el conducto por donde el depósito arroja al exterior los materiales del magma. En un volcán normal, la chimenea coincide con el eje del cono volcánico, cuya extremidad está

1. Aun hoy mismo, el geólogo A. de Lapparet, admite en su "Traité de Géologie" una napa ígnea continua.



FIG. 104. — *EL VESUBIO visto de la ciudad de Nápoles. — La gibosidad izquierda lleva el nombre de Monte Somma y la de la derecha Vesubio.*

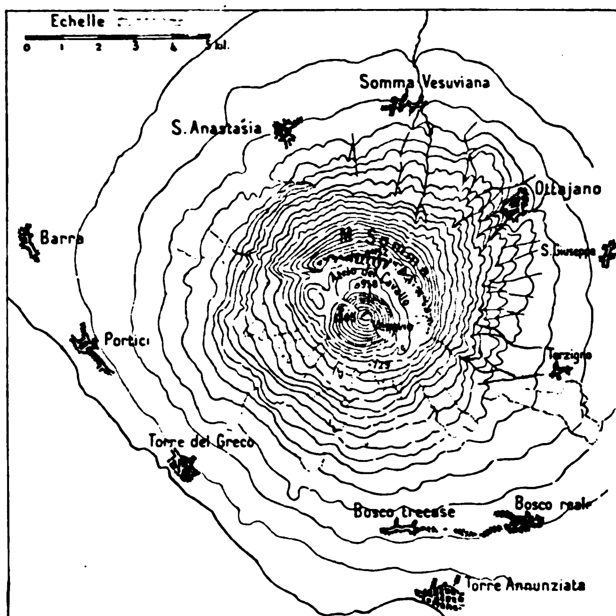
ocupada por el cráter; pero con frecuencia la chimenea se desvía de la posición vertical, se obstruye o se divide en brazos, dando lugar a la formación de bocas o cráteres laterales.

c) El cráter (del latín cratera, taza) es la parte terminal del conducto o conductos de salida cuya forma se asemeja a un embudo o taza y de ahí su nombre. El cráter se encuentra, por lo común, en la parte terminal de la montaña volcánica, pero es frecuente que se halle desplazado en una ladera. En el primer caso se llama *cráter terminal* y en el segundo *lateral.* Con frecuencia, además del cráter principal se forman otros en las laderas del cono volcánico y entonces se forman los llamados *cráteres adventicios,* cuyo origen debe buscarse en una insuficiencia de la chimenea principal, obstruída por la solidificación del material lávico de la erupción precedente.

Gran parte de la terminología volcánica se refiere a las formas observadas en el Vesubio, por ser el mejor estudiado de todos los volcanes y de este modo conviene, antes de pasar adelante, describir y señalar los accidentes a que se refieren dichos términos.

Mirando el Vesubio desde la ciudad de Nápoles, se descubre un perfil con dos gibosidades, de las cuales, la izquierda lleva el nombre de Monte Somma y la derecha, Vesubio propiamente dicho (fig. 104).

Antes de la erupción del año 79, el conjunto volcánico disponía de un gran cráter; el Monte Somma, cuya amplia abertura formaba una especie de cerco de 10 kms. de diámetro (fig. 105), durante dicha explosión se abrió dentro de ese mismo cráter otra boca que edificó un nuevo cono, quedando, por consecuencia entre ambos, una suerte de anillo, el *Atrio del Caballo,* al par que se derrumbaba el reborde del Monte Somma que miraba al mar, quedando como vestigio de él el semicírculo cuya extremidad recibe su nombre. El Monte Somma cae suavemente hacia el País de Ottaiano, es decir, hacia el N. E., en tanto que cae en forma casi vertical hacia el Atrio del Caballo. Ambos conos se gradúan descendentemente hacia el Golfo de Nápoles.



(Dib. de Martonne).

FIG. 105. — *PLANO DEL VESUBIO, según la carta topográfica Italiana al 1:000.000.*

Esta forma de valles semicirculares no es exclusiva del Vesubio; se encuentra también en otros volcanes. El Etna, por ejemplo, tiene también su atrio: es el llamado *Valle del Bove,* pero con la diferencia de que el segundo cráter, en lugar de haberse formado en el centro del cráter primitivo se ha formado a un lado *(cráter lateral).* Los cráteres que se forman dentro de otros se llaman *cráteres de recinto* y son concéntricos o excéntricos, según el lugar que ocupan dentro del cráter sea más o menos central. Ejemplos interesantes de cráter de recinto es el Irazú, en Costa Rica y algunos de las Islas Canarias. Como volcán de cráter terminal, puede citarse el Izalco, en El Salvador lo cual no impide que en él se formen cráteres adventicios.

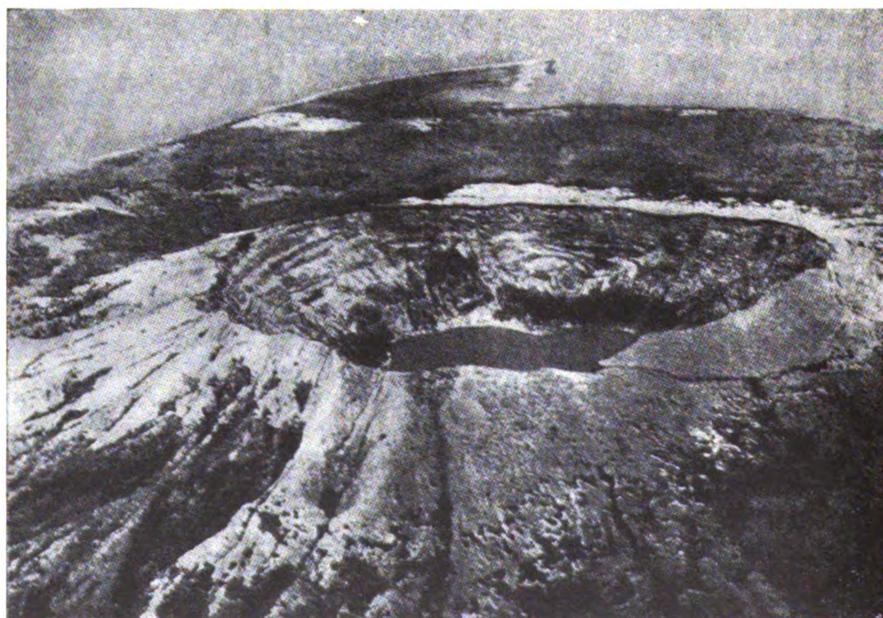
Respecto, el origen del cráter puede ser: 1º de explosión; 2º de hundimiento; 3º de acumulación y 4º mixto [*91*, pág. 57].

Los cráteres de explosión. — Cuando la erupción es de gran violencia suele ocurrir que la montaña o cono volcánico quede decapitada,

dejando en el lugar donde estaban los materiales arrojados al espacio, un hueco más o menos profundo. Mercalli cita como ejemplo de cráteres de explosión el Bandai Sam, volcán andesítico del Japón, que aun cuando su erupción de 1888 duró pocas horas se formó en su cumbre una hondonada de 200 metros de profundidad [*91*, pág. 58].

Entre los cráteres de explosión hay que incluir el llamado *caldera*, cuyos ejemplares mejor estudiados están en las Islas Canarias y en las del Cabo Verde. Se caracterizan por sus paredes internas cayendo a pico, a veces a profundidades de más de 700 metros. Una cortadura lateral del reborde del cráter, se prolonga hasta el pie del volcán, dando salida al agua de lluvia que se acumula en el cráter. En la Isla de Palma (Canarias) esta cortadura lleva el nombre de *Barranco de las Angustias*. Posteriormente a la formación de un cráter de explosión se suele formar dentro de él otro cráter por donde salen materiales que edifican un nuevo cono cuya altura puede sobrepasar a la del primitivo. Tal es el caso del Volcán Grand Brûlé, de la Isla Reunión, cuyo cono adventicio central ha concluido por pasar la altura del borde de la caldera [*86*, pág. 527] o del Cráter Lake, en Estados Unidos (Oregón).

Los cráteres de hundimiento tienen las paredes internas casi verticales. Estas paredes pueden ser lisas o muy irregulares, según el material de que ha sido formado el cono. Por el contrario, en el *cráter de*



(Fot. The National Geog. Society).

FIG. 106. — *EL COSEGÜINA, en la Bahía de Fonseca (Nicaragua). Tipo de cráter de explosión vulcaniana, célebre por su erupción de 1835. (Vista aérea).*



(Fot. Mercalli).

FIG. 107. — *Volcanes hendiduras del Tarawera (Nueva Zelandia). — Gran rajadura de la erupción de Junio de 1886.*

acumulación, las paredes se inclinan suavemente hacia adentro, formando un embudo. Ejemplo del primer tipo es el Monte Somma y del segundo el Vesubio. Es que el Volcán Vesubio es un *tipo mixto* donde, se alternan los hundimientos con las explosiones [*91*, pág. 60].

La forma del cráter es muy diversa, pues varía desde el aspecto circular al elíptico irregular. Cuando se trata de una erupción única, generalmente es circular; cuando se trata de varias, con más de dos bocas, elíptica. A este respecto debe agregarse que rara vez se conserva inalterable la forma del cráter, pues posteriormente a la explosión, los agentes erosivos modifican su aspecto. Muchas veces, según se ha visto, la demolición del volcán se debe a su misma fuerza explosiva (cráter de explosión). Pero las modificaciones más importantes se deben al agua. El Barranco de las Angustias, de la Isla de Palma, y los de igual clase de las Azores, son de ese origen. La erosión actúa con gran rapidez, pues a ella se prestan la poca resistencia de las cenizas y escorias volcánicas de que están formados sus bordes.

Los *mares* son cráteres de volcanes extinguidos que se han llenado de agua (cráteres lagos). Los mejor estudiados son los de Eiffel (Alemania) y el Albano (Italia).

El *cono*, es la parte más característica del volcán, pues por lo general toma una forma cónica muy destacable de las montañas de otro origen. Esto no obstante, el cono puede faltar según hemos dicho. A este respecto, Mercalli hace un grupo aparte de volcanes, a los cuales llama *volcanes de hendidura.*

Estos, en lugar de hacer explosión por un conducto central, expelen el elemento fundido por una fisura del suelo más o menos larga [*91* p. 34]. En esta forma de erupción, el modo explosivo es muy raro, pero puede citarse el ejemplo del *Volcán Tarawera* (Nueva Zelandia), cuya gran explosión de 1886 fué descripta sabiamente por A. P. W. Thomas[1].

Más frecuentes son los volcanes de hendidura con erupción efusiva. El más típico de éstos es uno situado al Oeste del Volcán Varmardalt (Islandia) en la profundidad de cuya prodigiosa rajadura de 32 kilómetros de largo, se formaron en 1783, 105 conos de escorias que no alcanzaban el reborde de la escapadura y cuya principal característica era la de no tener localizada su actividad en un punto dado, sino que se trasladaban, de un lugar a otro, a lo largo de la hendidura.

Origen del cono volcánico. — Leopoldo de Buch, en un estudio de la constitución física de las Islas Canarias [*141*, t. I, p. 197] había emitido, en 1825, la hipótesis de que los conos volcánicos se formaban por una especie de levantamiento o hinchazón de la corteza provocada por la fuerza expansiva de los gases y materiales ígneos del interior del globo.

"No se debe, decía, considerar las Islas Canarias más que como un grupo de Islas que han sido separadamente levantadas del fondo del mar por una fuerza que ha debido hallarse largo tiempo concentrada en el seno de la Tierra antes de adquirir la intensidad suficiente para vencer la resistencia que las masas superiores oponían a su acción. En esas circunstancias esa fuerza rompió las capas de basaltos y de conglomerados que se encontraban en el fondo del mar y en cierto espesor en el interior y las ha levantado sobre la superficie de las aguas, bajo la forma de inmensos cráteres. Después del levantamiento de una masa tan considerable, una parte al menos, caía sobre sí misma, formando en seguida la abertura por la cual la acción volcánica se había abierto un pasaje".

Estas deducciones de Leopoldo de Buch fueron hechas en presencia de la gran caldera de la Isla de Palma cuyo prodigioso embudo parece justificar la segunda faz de la teoría citada [*121*, pág. 40].

---

1. **La explosión del Tarawera.** — "Antes de la erupción — dice Mercalli — este monte, tenido por apagado debido a su reposo desde tiempos inmemoriales, no afectaba la sólida forma volcánica, pues era una altura alargada, sin cráter, terminado, en la cima por una meseta irregular de 2 ½ millas de largo por 1 de ancho. La altura estaba casi exclusivamente formada por una roca maciza de naturaleza riolítica; era una especie de cúpula muy irregular. En la base de Tarawera, hacia el S. O., el White Terrace y el "Blak Terrace", con su potente Geiser y el gran lago caliente de Rotamahana, adquieren la alta temperatura del subsuelo. Una violentísima explosión de agua y de vapores observada en el White Terrace en Noviembre de 1885, pronunció la erupción. El 9 de Junio de 1883 se sintieron en los alrededores muchas sacudidas. El Tarawera se había dividido literalmente en dos partes y a todo lo largo y la escarpadura se prolongaba por paredes kilométricas tanto al N. E. como al S. W. de la montaña volcánica... y sobre ella se levantaban 25 cráteres de explosión... [**91**, p. 35].

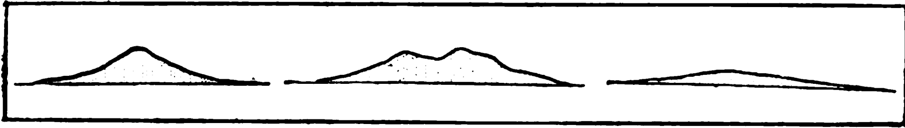


FIG. 108. — *I. Tipo Fusi-Yama.* — *II. Tipo Vesubio.* — *III. Tipo hawaiano.*

La *teoría de los levantamientos,* como se ha dado en llamar a estas ideas, estaba en gran parte de acuerdo con las que Alejandro de Humboldt expusiera antes, y ratificara después de sus observaciones practicadas en 1759 en la región del Malpaís (México) con motivo de la explosión del Volcán Jorullo.

"Todos los testigos oculares — decía — cuentan que antes de la aparición de la montaña, las sacudidas y los ruidos subterráneos adquirieron más frecuencia y que el día mismo en que se produjo el gran fenómeno, se vió que la superficie del suelo se *enderezaba perpendicularmente*".

"Toda la llanura se entumeció — agrega — y formó vesículas, la mayor de las cuales fué el Jorullo".

Humboldt hablaba del levantamiento del Jorullo por referencias de los indígenas, pues cuando él volvió al campo del Jorullo ya habían pasado algunos días desde el momento de la explosión. Por lo demás, basta el transcurso de pocas horas para que la formación del cono pueda efectuarse sin que haya *levantamiento* en el sentido de que hablaban Humboldt y de Buch. Los habitantes de los alrededores de Nápoles pudieron presenciar, el año 1535 la formación de un cono volcánico en las llanuras situadas al O. del Lago Averno, en los Campos Fregrios, cerca de Puzzoli y sin que, en ningún momento, el suelo de la región fuera sacado de su posición más o menos horizontal y sin que se manifestara hinchazón alguna.

Modernamente se sabe que los conos volcánicos son formados por la *acumulación* de los propios materiales del volcán. Una sección del cono, demuestra, en efecto, que éste se haya formado por capas alternadas de deslizamientos de lavas y de cenizas [*86*, pág. 520]. Las formaciones del Monte Nuevo, del Izalco, del mismo Jorullo, prueban su erección paulatina.

El Monte Nuevo, se formó, en efecto, durante una noche del año 1535 y los habitantes de los alrededores de Nápoles tuvieron ocasión de ver cómo el material que edificaba la montaña surgía de una rajadura abierta en la Tierra.

Formas del cono. — Los geólogos están de acuerdo en atribuir cierta relación entre las formas del cono volcánico y la calidad de los materiales que arroja el cráter. Las lavas ricas en sílice (rocas ácidas) se enfrían con gran rapidez y se amontonan junto al cráter que se levanta en pendientes rápidas. Ejemplos de esta clase de cono son los



FIG. 109. — *CALZADA DE LOS GIGANTES (Irlanda). — Cristalización basáltica en prismas exagonales.*

del Fusi Yama (Japón), Santorin (Grecia) y Mont Pelée (Martinica) (fig. 108 I).

Cuando las lavas tienen poca sílice (rocas básicas) se presentan muy flúidas, se derraman por el cráter, corren rápidamente por las pendientes y dan lugar a conos de poca altura, ancha base y declives débiles. Ejemplos: los volcanes de Hawai (fig. 108 III). Esta clase de materiales suelen cubrir comarcas muy extensas *(campos de lava)* y cuando llegan al mar se enfrían rápidamente y dan lugar a cristalizaciones de una regularidad tan perfecta que se le ha creído obra del hombre. Tal es el origen de la Calzada de los Gigantes, en Irlanda, cuyas columnas exagonales son tan perfectas que los habitantes del lugar las tomaron como los vestigios de un puente que ciertos hombres gigantescos se habían esforzado en construir para unir a Irlanda con Escocia a través del Canal del Norte (fig. 109).

Muchas veces las erupciones de un mismo volcán arrojan distintos materiales: unas veces son básicos y otras ácidos. Se forman así los conos de constitución mixta, cuyo mejor ejemplo es el Vesubio (fig. 108 II).

La erupción. — El fenómeno volcánico, aunque muy violento e impresionante, es siempre un acontecimiento circunscripto. Al revés de lo que imagina la gente, sus efectos, con respecto a la topografía general del planeta, son relativamente débiles.

En muchos casos, la erupción volcánica va precedida de ciertas manifestaciones que ponen en guardia a los habitantes de los alrededo-



(Fot. Wylie Hutchison).

FIG. 109 A. — *Mar de silicatos, junto al Gran Geiser de Islandia.*



(Fot. Martín).

FIG. 110. — *Manantial hirviente en Nueva Zelandia.*

res: emanaciones gaseosas del suelo, ruidos subterráneos, temblores de la corteza, disminución del caudal de las fuentes de agua, etc. Otras veces, la erupción se presenta de súbito, sin ningún signo precursor. Cuando la actividad se manifiesta, se oye una explosión provocada por la inflamación de los gases; un penacho de humo y ceniza se eleva desde el cráter; materiales sólidos, de distintos tamaños son arrojados al espacio, y grandes ríos de rocas fundidas corren por las pendientes arrasando con todo cuanto se opone a su paso.

Cada explosión volcánica tiene, sin embargo, características especiales. Algunas sólo consisten en la emisión silenciosa de lava. Los más notables han sido descriptos por multitud de geólogos y hombres de letras. A este respecto no puede menos que recomendarse la lectura de las cartas de Plinio el Joven a Tácito, relatando la erupción del Vesubio del año 79, en la que encontró la muerte Plinio el Naturalista [1]. Todas las erupciones pueden reducirse, sin embargo, a cuatro clases, según Haug.

1º *Erupción vulcaniana* [2]. — Es la erupción de mayor violencia y fuerza destructora. Las lavas son ácidas y por lo mismo se solidifican con facilidad, lo cual se traduce por una tendencia a cerrar el cráter. Cuando esto ocurre, se dice que el volcán está en reposo. Entre tanto el esfuerzo del magma continúa; él ha de ser tanto más grande cuanto mayor sea la cantidad de materiales que se han solidificado dentro de la chimenea. Al fin, revienta: los materiales sólidos son arrojados al espacio; amplias columnas de ceniza se elevan y muchas veces, las propias laderas del cráter son fraccionadas por la violencia de las fuerzas endógenas.

El tipo más interesante de esta clase de erupción la ofreció, en 1883, el Volcán Krakatoa, del Estrecho de la Sonda, cuya violencia fué tal que la isla donde estaba asentado se fraccionó en muchos pedazos y sus materiales fueron a formar a la distancia nuevas islas, en tanto se levantaba una columna de humo y de ceniza que alcanzaba una altura de 11 mil metros. Las aguas se levantaron a 30 metros de elevación y sus ondas dieron tres veces la vuelta al mundo.

Muchos maremotos se producen por erupciones submarinas. Ed. Suess, en su admirable obra "La face de la Terre", luego de una prolija excursión por la literatura de los pueblos que vivieron en torno del Golfo Pérsico y del Mar Indico, atribuye el llamado Diluvio Universal a un maremoto causado acaso por las catástrofes seísmicas y volcánicas de que aún son teatro las Islas de la Insulindia.

Explosiones vulcanianas han tenido el *Tambora* de Sumbawa (Arch. de la Sonda) que arrojó en 1815, 150 kilómetros cúbicos de material;

1. Fragmentos de estas cartas puede encontrar el estudiante en "Las convulsiones de la corteza terrestre" de E. Meunier p. 137, y en el tomo IV p. 1847, de la "Biblioteca Internacional de Obras Famosas", libros ambos, bien difundidos.

2. Nombre referente a una isla volcánica de las Lípari.



(Fot. Mercalli).

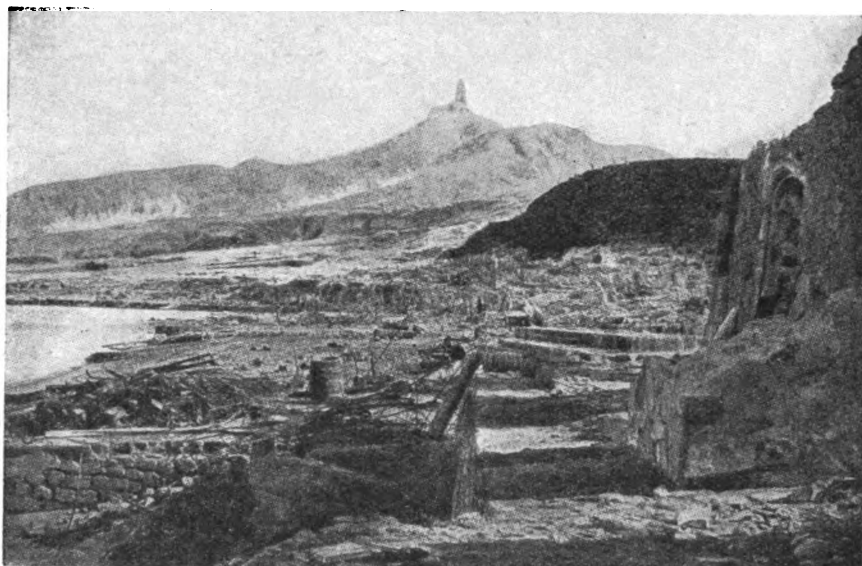
Fig. 111. — *CRATER DEL KILAWEA (Islas Hawai). — Lago de lava formado por el material igneo ascendente.*

el *Cosegüina* (Nicaragua), cuyas cenizas cubrieron, en 1835, 50 kms.² con 5 metros de espesor y otras fueron a posarse sobre Jamaica, a 900 kms. de distancia; el *Bandai - Sam,* ya citado, etc. El Vesubio tiene explosiones vulcanianas alternadas con strombolianas.

Parece ser evidente que a mayores reposos corresponden explosiones más violentas, casi siempre tipo vulcaniano.

2º *Erupción stromboliana.* — Tiene por rasgo distintivo lavas básicas, o con poca sílice, lo cual les da una gran fluidez. Surgen del cráter y se desparraman por los flancos, dandos saltos, rellenando cavidades, formando lagos, etc. Esto no obstante, la emisión tranquila va acompañada de explosiones de gases, que impulsan materiales pesados al exterior, piedras y cenizas. Como es fácil suponer, los campos de lava de esta clase de erupciones son extensos, pero no tan grandes como los del tipo hawaiano que vamos a citar. Tipo: el Stromboli, de erupciones casi permanentes.

3º *La erupción hawaiana.* — Se caracteriza por la afluencia, al reborde del cráter, de un líquido viscoso formado por las lavas básicas (de escasa cantidad de sílice) a modo de una marea interior. Cuando la afluencia de lava es muy grande, se desparrama por las laderas, sin explosiones, cenizas, ni violencia alguna. Después comienza el descenso, quedando en el interior del cráter un lago de material hirviente del que podríamos decir, que ocupa su lecho menor (fig. 111).



(Fot. A. Lacroix).

FIG. 112. — *LA CIUDAD DE SAINT PIERRE (Martinica) después de la erupción del Monte Pelée.*

El tipo hawaiano, cuyos mejores ejemplares son los volcanes de Hawai *Muna Loa* y *Kilawea,* dan lugar a grandes mantos de lavas. A esta clase de erupciones es necesario referir la formación de los extensísimos campos de lava que se ven en Estados Unidos y América del Sur, ocupando centenares de miles de kms. cuadrados.

4º *Erupción peleana.* — Se llama así por la que tuvo lugar en la Isla Martinica (Antillas Menores) en 1902. En rigor, es una explosión vulcaniana, a la que hay que agregar la emisión de una nube a altas temperaturas cuya gran densidad le obliga a descender y deslizarse por el suelo *(nube ardiente)*. Después de la erupción, quedó en el cráter, una masa lávica, a modo de aguja, como si las fuerzas subterráneas no hubieran sido suficientes para hacer saltar el tapón que se había formado en su chimenea [1]. (figs. 112 y 114).

---

1. **La nube ardiente del Mont Pelée.** — Una de las más formidables catástrofes volcánicas de los tiempos recientes, la constituyó la erupción del Mont Pelée, en la isla Martinica. Hasta 1902 el volcán no había dado otras señales de vida que una lluvia de cenizas arrojada en 1792 y un movimiento seísmico, de escasa importancia en 1851. Pero en Abril del año antes citado, comenzaron los ruidos subterráneos, las columnas de espesos humos, los sacudimientos del suelo, inundaciones y formación de un nuevo cráter. Estos fenómenos no alarmaron mayormente, pues las autoridades se encargaron de manifestar a los pobladores que carecían de importancia. Esto no obstante, el día 8 de Mayo, cuando los habitantes de la ciudad de San Pedro paseaban por las calles y el tráfico comercial estaba en su apogeo, un estrépito horroroso se oyó en todos los ámbitos de la isla. La cima del Mont Pelée se había derrumbado y emanaciones gaseosas expandían un aire asfixiante y trombas de fuego rodaban hacia la ciudad envolviéndola en remolinos abrasadores; 17 buques surtos



(Fot. A. Lacroix).

Fig. 113. — *MONT PELEE (Isla Martinica). — La nube ardiente de la erupción de 1902, llegando al mar.*

Productos volcánicos

LAVAS

El término *lava*, de origen napolitano, con que se designa cierta clase de productos arrojados por los volcanes, se refiere a todas las materias incandescentes y fluidas que salen del cráter y corren, a la manera de un río, por las pendientes del cono o de las rajaduras. Como su fluidez depende de la temperatura intrínseca, se van solidificando a medida que se alejan del cráter de emisión.

Mineralógicamente, hay por lo demás, distintas clases de lava y como su fusión y solidificación depende de la constitución química, conviene distinguir aquí, aunque sólo sea a grandes rasgos, tres grupos de lavas: 1º Las *lavas ácidas* (traquitas) que tienen entre 65 y 80 % de sílice en su composición. Como la sílice es liviana, una vez solidificada la roca ácida, son rocas relativamente de poca densidad. Por lo general se trata de rocas cuarcíferas. 2º Las *rocas básicas* (basaltos) son, por el contrario, rocas pesadas, por tener entre 40 y 50 % de sílice y 3º Las *rocas neutras*, en cuya composición la sílice entra en proporción de 55 a 64 %.

Mientras las rocas ácidas necesitan más de 1470º para fundirse, las neutras sólo demandan 1380 y las básicas de 1000 a 1200º

Los datos precedentes explican bien los distintos aspectos que toman los campos de lava. Así, las lavas ácidas, que se solidifican rápidamente, presentan una «superficie llena de bloques y de fragmentos rugosos e irregulares, tanto que vista a distancia más que una roca continua parece como un témpano de piedra» [*91*, pág. 177].

Las lavas básicas, de enfriamiento lento, presentan una superficie amamelonada, en forma de cuerdas *(lavas cordadas)* o grandes arrugas, que a veces caen en los desniveles o saltos, a modo de verdaderas cascadas de hilos.

En cuanto a la velocidad de la lava, debe decirse que ella no sólo depende del grado de inclinación del lecho por donde corre, sino de su viscosidad, de su composición y aun mismo de las distancias al cráter que las ha expulsado. Algunas de ellas, según algunos observadores del Vesubio, han marchado con «una velocidad superior a la de un caballo al galope».

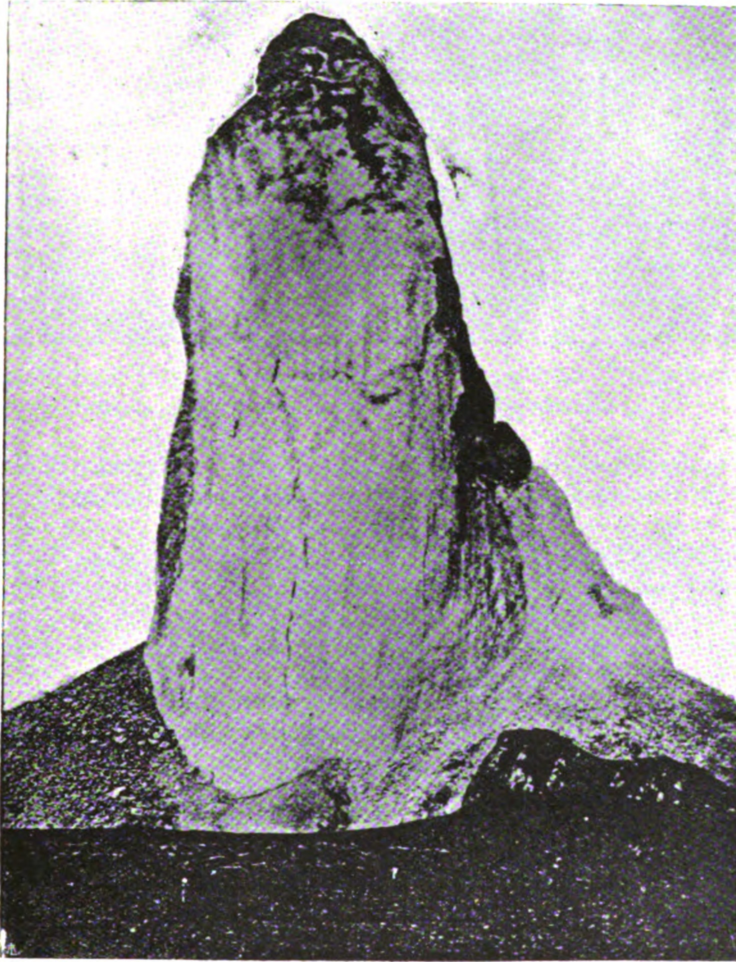
Cenizas y lapilos. — Las llamadas *cenizas* volcánicas, son en realidad materiales lávicos, llevados a un extremo grado de división. Cuando estos fragmentos son algo más grandes (un diámetro de 2 centíme-

---

en el puerto se hundieron y sólo uno, el "Roran - Roraima", pudo escapar de la catástrofe. La ciudad de San Pedro había desaparecido, pues en ella encontraron la muerte 30.000 personas.

La característica de esta erupción fué la proyección de enormes nubes de fuego o aludes incandescentes que destruían la vegetación y asfixiaban a los seres vivos.

tros) se llaman *lapilos;* cuando son menores que una arveja y mayores que el polvo calificado de ceniza, *arena volcánica.* Cenizas, arenas y lapilos son arrojados por la fuerza del volcán a varios miles de metros,



(Fot. A. Lacroix).

Fig. 114. — *MONT PELEE (Martinica). — Aguja de lava, levantada en el cráter del volcán durante la erupción de 1902.*

formando una columna negra y espesa, llena de resplandores y explosiones de gases, a la cual Plinio el Joven en sus cartas a Tácito, llamaba *pino,* denominación que se ha conservado a través de los siglos, pues, al descender los materiales pesados, la columna desprende ramificaciones que hacen recordar a un árbol de dicha clase. Este descenso se hace, en efecto, por orden de densidades: las piedras, primero, los



(Fot. The National Geog. Society).

FIG. 115. — *LAVAS CORDADAS.* — *El Dragón Azul.*

lapilos después; las arenas y cenizas por último. Las cenizas llegan, a veces, a alturas prodigiosas: el pino del Krakatoa llegó a 11.000 metros de altura; la del Cosegüina fueron tomadas por los contralisios de las capas superiores de la atmósfera. Cuando hace viento, las cenizas son transportadas a grandes distancias y dan lugar a fenómenos luminosos muy extraños. Las del Krakatoa se mantuvieron en suspensión durante los años 1883 y 1884 y originaron crepúsculos rojos que se vieron en todas partes del mundo. En abril de 1921 hizo explosión un volcán en la Cordillera de los Andes, al Sur de Puerto Mont, y durante varios días sus cenizas produjeron crepúsculos rojos en Montevideo. A fenómenos análogos se debe atribuir el banco muy poco profundo (20 o 30 centímetros) de cenizas volcánicas encontrado en el Tacuarí (Cerro Largo) [*158*, pág. 73] y los vestigios de cenizas que se reconocen en el barro pampeano.

Cuando no hace viento, la lluvia de ceniza se torna un fenómeno alarmante para las poblaciones inmediatas al cráter que las arroja, pues envuelven en la obscuridad más cerrada a las poblaciones [1] «sepultan los objetos en el suelo circundante, incedian con sus altas temperaturas los materiales combustibles y dan muerte a los seres vivos».

Toba volcánica o tufo es el resultado de la mezcla del agua con las cenizas. Constituye así una pasta que luego se endurece y conserva muy bien los objetos que rodea. La toba volcánica del Vesubio sepultó a las ciudades de Herculano y Pompeya durante la erupción del 79 y gracias a ella se han podido reconstruir los detalles más insignificantes

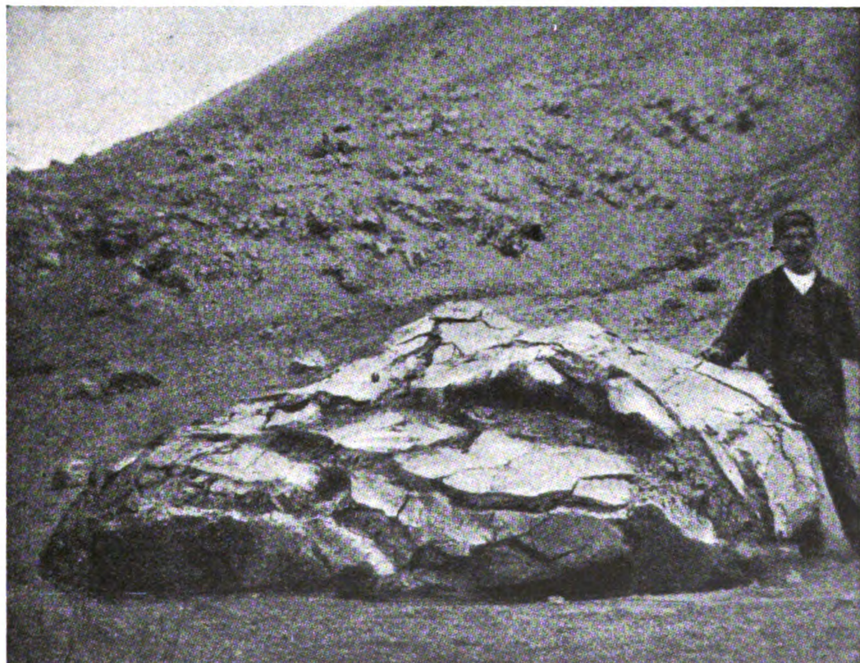
1. Unión, puerto de la bahía de Fonseca, permaneció a obscuras durante tres días debido a las cenizas del Cosegüina (1835).

de la vida a comienzos de la era cristiana. No sólo se han conservado bien las formas arquitectónicas; las pinturas de los muros, los utensilios domésticos, los detalles de la vida interior y hasta los cuerpos humanos, en la posición en que se hallaban al ser sorprendidos por la catástrofe, todo aparece a los ojos del investigador con admirable claridad (fig. 117).

Bombas son «pedazos de rocas lanzados completamente fundidos a través de la atmósfera y que se solidifican antes de llegar al suelo. Algunas veces contienen gases en su interior, los cuales, al tomar altura, rompen la corteza de lava que los contiene produciendo estallidos. Las bombas volcánicas son, con frecuencia, más grandes que un hombre y suelen tener una forma retorcida» (fig. 116).

Piedra pómez, cuya característica es su poca densidad que le permite flotar en el agua, no es sino la escoria donde predomina una gran cantidad de sílice. Estos elementos forman en el mar verdaderas costras pétreas cuando la erupción ocurre submarinamente.

Gases volcánicos. — Una de las características de las lavas es la porosidad. Esta porosidad debe explicarse por la presencia del vapor de



(Fot. de Mercalli).

FIG. 116. — *BOMBA VOLCANICA (Isla Vulcano), eructada en 1889*

agua que, en cantidades más o menos grandes, jamás falta en las erupciones. En las grandes explosiones volcánicas, el vapor de agua es tan abundante que, a poco de ser emitido por el cráter se condensa y da lugar a nubarrones y fuertes lluvias en las regiones inmediatas al cono. Pero al vapor de agua hay que agregar otros gases: ácido clorhídricos, ácidos sulfurosos, oxígeno, hidrógeno y metano. Estos dos últimos, muy inflamables, son la causa de las llamaradas que suelen acompañar a ciertas erupciones.

Fenómenos post - eruptivos. — Habiendo cesado la erupción típica de todo volcán en actividad, hay un lapso de tiempo, que puede ser muy largo, durante el cual se manifiestan algunos fenómenos propios de las zonas volcánicas en franca vía de extinción.

Las estufas son emanaciones de vapor de agua. Algunas de ellas han adquirido celebridad en la historia: la *Estufa de Nerón*, en los Campos Flegrios, cerca de Nápoles, es un ejemplo de ellas. Los romanos tomaban baños calientes en estas termas.

Las solfataras. — Cuando el suelo, correspondiente a un antiguo cráter tapado por los materiales, arroja hidrógeno sulfurado y ácido sulfhídrico, con acompañamiento de vapor de agua, se llama *solfatara*. En ella se halla, por un proceso químico fácil de explicar, azufre en libertad, y de ahí el nombre de azufrera con que suele distinguírsele también. La presencia de la solfatara, acusa un largo período de reposo volcánico, período que puede llevarlo a la extinción total. A este estado post - eruptivo llaman algunos geólogos *faz solfatárica*. Son notables las solfataras de Puzzoles (cerca de Nápoles); las de la Isla Guadalupe (Antilla); la de México, etc.

Las moffetas, es un aspecto aun más avanzado de la evolución volcánica. Consisten en emanaciones de vapor de ácido carbónico. Una moffeta bien conocida es la «Gruta del Perro», en los alrededores de Nápoles (Solfataras de Legnano). Como el ácido carbónico es pesado, se mantiene a algunos centímetros del suelo. En razón de esto, un perro se asfixia, mientras las personas pueden recorrer la gruta sin riesgo alguno.

Seudo - volcanes. — Con este nombre distingue E. Meunier [*93*, p. 128] ciertos fenómenos de aspecto aparentemente análogo a las erupciones volcánicas, pero que difieren de éstas por su naturaleza y mecanismo: las *salzas*, *soffioni* y *geisers*. Estos últimos serán tratados en las fuentes termales.

Las salzas o volcanes de lodo, son pequeños conos de barro (de apenas algunos metros de altura) provistos de su respectivo cráter y del cual

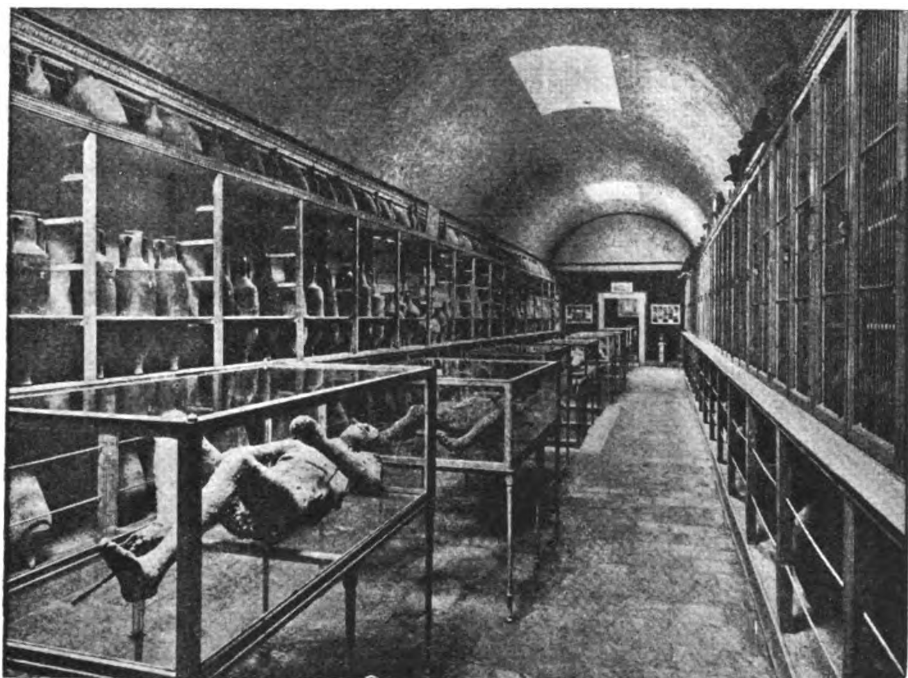


Fig. 117. — *MUSEO POMPEYANO. — Véanse en las vitrinas los cuerpos humanos y los objetos de cerámica conservados por la toba.*

surge un fango lleno de burbujas gaseosas que se inflaman y producen conmociones y ruidos semejantes al estallido de un volcán. Hay volcanillos de esta clase en ambas extremidades de la Cordillera del Cáucaso, en Turbaco (Colombia), en Italia y en muchos otros lugares de la Tierra. Su naturaleza, sin embargo, es completamente distinta de la de un verdadero volcán. Se trata, en efecto, de reacciones químicas de los materiales del suelo, en contacto con agua más o menos acidulada.

«*El petróleo* no parece tener ninguna relación con el fuego subterráneo — dice Robin — pero la presencia de sus fuentes, muy frecuentemente en la vecindad de las salzas y sus yacimientos muy íntimamente ligados a las dislocaciones del suelo, permiten estudiarlo aquí. Los carburos líquidos que se manifiestan en las proximidades de las salzas, producen, cuando son abundantes, los pozos de nafta o de petróleo. El petróleo es calificado entre los minerales llamados de carbono y más especialmente entre los betunes, que son cuerpos líquidos representando la mezcla de varios hidrocarburos. El origen de este aceite mineral, sería debido a la descomposición lenta, en las aguas del mar, de organismos animales» [*128*, p. 108].

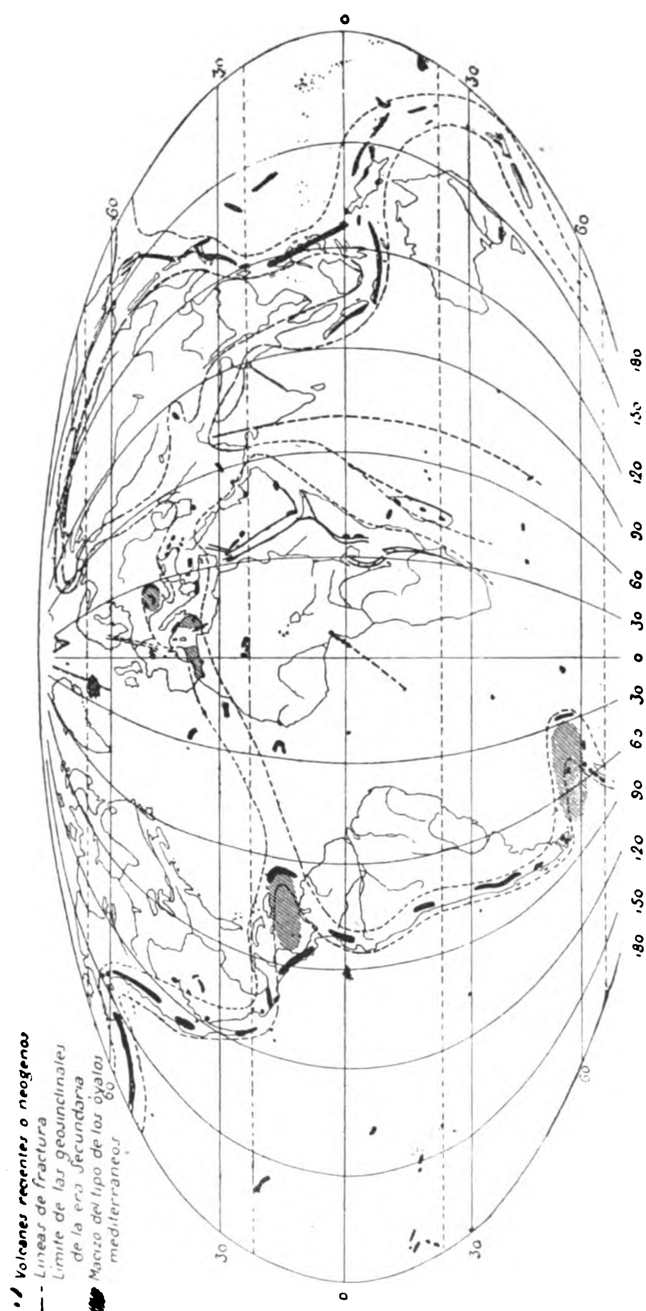
Los soffioni, aunque muy diferentes en naturaleza a los volcanes, tienen también rasgos análogos a ellos. Se trata de chorros de vapor de

agua que a veces pasan los 150º de temperatura, pero este vapor de agua está mezclado con una gran variedad de gases, algunos de los cuales se desprenden (gas carbónico, hidrógeno, hidrocarburos), mientras otros toman formas cristalizadas (yeso, ácido bórico, etc.). El término «soffioni» quiere decir sopladores.

Volcanes submarinos. — Como los mares cubren las dos terceras partes de la superficie del globo, hay que suponer que gran parte de las erupciones volcánicas ocurren debajo de ellos. Muchas explosiones quedan, pues, ignoradas debido a la inmensidad de los océanos poco frecuentados. Aun mismo en los que mantienen un gran tráfico marítimo suelen ocurrir erupciones que no son advertidas, pues muchas de ellas sólo se manifiestan por una elevación de la temperatura de las aguas, desprendimientos de gases del seno de las aguas con olor sulfuroso, cenizas flotantes y una gran cantidad de peces muertos. Esto ocurre, por lo general, en mares profundos, mientras que en los que no lo son, los materiales de la explosión son proyectados al aire y muchas veces se acumulan en torno del cráter dando lugar a una isla cuya solidez depende en gran parte de los materiales arrojados y de la fuerza destructora de las olas y del viento. Algunas de las islas así formadas, resisten, en efecto, a la acción de los elementos atmosféricos y marinos, como ser la de Bogoslawa, una de las Aleucianas, que levantó su cono a 700 metros y formada en 1796; pero otras aparecen y desaparecen por períodos o una vez formadas se hunden en el mar para no salir más a la superficie (ejemplo la New Island, cerca de la Bogoslawa). La Isla Ferdinanda, llamada también Julia, al SO. de la Isla Sicilia, se formó en 1831 por una erupción submarina que levantó un cono de cenizas, escorias y materiales lávicos que llegó a tener 60 metros de altura sobre el nivel del mar. El embate de las olas fué sin embargo implacable con ella y un año después no quedaba en el lugar otro vestigio de su existencia que un escollo o banco a unos pocos metros de la superficie, que obstaculizaba la navegación. Esta misma isla reapareció en 1863 y volvió a sumergirse. Lo interesante es que, al parecer, esta isla debió haber emergido otras veces a juzgar por mapas y descripciones antiguas.

No se puede hacer referencia a los volcanes submarinos, sin mencionar el volcán de Santorín, una de las islas del Mar Egeo. Este ofrece, en efecto, la particularidad de presentar dos conos concéntricos, cuyo Atrio del Caballo ha sido invadido por el mar. Por su gran semejanza con el Vesubio, en cuanto a su disposición y por el hecho de responder esas condiciones a una forma submarina, todo lo cual demuestra la similitud de los volcanes del fondo del mar con los de la superficie de la tierra, es estudiado con gran interés por los geólogos y los geógrafos.

Como fenómeno contrario al descripto se suele citar el caso del Krakatoa, volcán que habiendo sido un volcán superficial, se convirtió después de la explosión vulcaniana de 1883, en un volcán submarino.



(Dib. H. N. Gallach.).

FIG. 113. — *DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LOS VOLCANES.*

Distribución geográfica de los volcanes. — Las modernas investigaciones de la geología y de la geografía física, conducen a afirmar que los volcanes se encuentran preferentemente en las regiones fracturadas del globo. En efecto: los volcanes actuales, corresponden, por su ubicación, a las zonas de hundimiento más o menos recientes. Se pueden distinguir así, cinco grandes zonas volcánicas:

1º *El anillo de fuego del Pacífico.* — Observando la distribución de los volcanes en las grandes cordilleras que rebordan el Océano Pacífico, se puede notar que la mayor parte de los volcanes activos o en reposo se encuentran en las zonas plegadas y de hundimiento correspondientes a las grandes cordilleras. Todos los Andes, las cordilleras de América Central y México, las Rocallosas, las Islas Aleucianas, la Península de Kantchatcka, las Islas Kuriles, el Archipiélago Japonés, las Filipinas, las Islas de la Sonda y de Australasia y Nueva Zelandia, cierran en efecto, un verdadero cinturón volcánico que contornea el mencionado océano. Es ésta, la mayor zona volcánica del mundo.

2º *La línea Atlántica.* — Acaso los volcanes de esta zona, se encuentren al borde de un hundimiento antiguo ocurrido en el Océano Atlántico, hundimiento que algunos geólogos han querido relacionar con la famosa *Atlántida.* Se prolonga, en efecto, por el centro del Océano Atlántico, de Norte a Sur: volcanes de Islandia *(Hecla)*, de las Azores, de las Canarias *(Tenerife)*, volcanes extinguidos de la Isla Ascensión, de Santa Elena, de Tristán da Cunha.

El eje Mediterráneo. — Se refiere no únicamente al Mar Mediterráneo propiamente dicho, sino también a todos los mares clasificados de tales, sin excluir tampoco a los asiáticos que han sido rellenados por los aluviones, como ser los de Mesopotamia y la India; volcanes de Jamaica, Mont Pelée (en las Antillas); Vesubio, Etna, Strómboli, etc. (en Europa) y los volcanes extinguidos de Armenia, Irán e India (en Asia).

4º *Los dos ejes africanos.* — El continente africano, de una constitución geológica muy antigua, presenta dos zonas de fracturas: una al Este, que se prolonga desde el Zambeza hasta el Mar Rojo y sigue después por la depresión del Mar Muerto y curso del Jordán, en Asia, y otra al Oeste, en el Golfo de Guinea. En la primera se encuentran los volcanes del Kenia y el Kilimandjaro, los de la Etiopía y de la Eritrea, correspondiendo a la segunda los volcanes del Camerum; y

5º *Los del continente antártico,* de los que sólo se conocen dos en actividad: el *Erebus* y el *Terror.*

Dykes. — Cuando las rocas eruptivas se han solidificado en fisuras



(Fot. J. Geikie).

FIG. 119. — *DYKE del Condado de Arrau (Escocia)*

muy inclinadas o verticales, se llaman *dykes* [*61*, p. 241]. De esta suerte los dykes toman aspecto de muros, que a veces quedan al descubierto en virtud de una erosión que ha llevado los materiales donde se encontró aprisionada la materia eruptiva. La fig. 119, muestra un hermoso ejemplar de dyke del Condado de Arrau, Escocia. Tiene 60 centímetros de ancho y atraviesa el gres de Port Leacach.

Lacolitos. — El profesor G. R. Gilbert, reconoció, por primera vez, en Utah (EE. UU.) la existencia de verdaderos volcanes fósiles a los cuales, llamó *lacolitos* (de *laco*, lago y *lito*, piedra). Según él la materia intrusiva sería levantada por las presiones internas hasta encontrar capas de mayor densidad que las detienen. En esta situación el magma eruptivo se *insinúa* entre dos capas y si sigue afluyendo, produce en las que están encima una especie de hinchazón que se suele traducir en la superficie por formas de cúpula. Las masas ígneas se solidifican más tarde en forma lenticular, pero es fácil reconocer que su esfuerzo se ha traducido por rupturas, canales o venas llenas de mate-

rial ígneo que se ha empeñado en salir a la superficie. A esta clase de fenómenos geológicos, se atribuye la forma de ciertas elevaciones de Cerro Largo, Treinta y Tres y Tacuarembó [*152*, p. 261].

Los volcanes y el hombre. — Las regiones volcánicas — ha dicho Martonne — no son solamente interesantes del punto de vista físico. Por las formas creadas y la naturaleza de su suelo, los aparatos eruptivos son, a pesar de los peligros que representa su vecindad, puntos de atracción para el hombre. Los alrededores de un cono son lugares de recursos abundantes; las cenizas recientes son tierras ligeras, fáciles de trabajar y de una fertilidad extraordinaria; las coladas de lavas básicas descompuestas, dan un suelo que posee todos los elementos que es preciso añadir a los suelos graníticos o esquistosos. De este modo, en las regiones mediterráneas particularmente, los distritos volcánicos son los más poblados. El Vesubio está rodeado de una corona de poblaciones (fig. 104). Los flancos del Etna alimentan una población cuya densidad alcanza a 300 habitantes por km.² [*86*, p. 517].

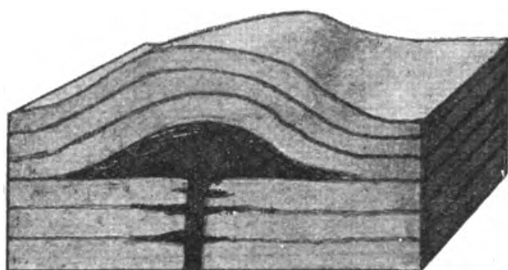


FIG. 120.
ESTEREOGRAMA DE UN LOCOLITO

Ideas fundamentales de las teorías volcánicas. — Para facilitar el entendimiento de las ideas fundamentales sobre el origen de los volcanes, vamos a pasar revista sumaria a unas cuantas teorías en las cuales fundamenta sus actuales conceptos la ciencia geológica.

TEORÍA DE CORDIER. — Para Cordier, los volcanes no son más que un natural y sencillo resultado del enfriamiento interior del globo.

Este enfriamiento, contrayendo cada vez más la corteza, habría originado altas presiones de los gases encerrados en ella, de suerte tal, que en cierto momento, no pudiendo la corteza resistir dichas tensiones, se habría buscado paso al exterior por rajaduras o fisuras que «derramando lavas se llaman volcanes». Según Cordier una contracción de la costra terrestre de $^1/_{404}$ de milímetros, sería suficiente para dar lugar a una erupción.

Esta teoría se rechaza actualmente: 1º porque el interior del globo no es líquido ni gaseoso; 2º porque no explica la distribución geográfica de los volcanes. En efecto: cualquier parte de la corteza, según ella, sería apta para producir explosiones.

TEORÍA DE FOUQUÉ. — Llamada también «teoría marina». Está ba-

sada en la progresión del calor interno de la tierra a medida que penetramos hacia las profundidades. Según ella así como en la superficie terrestre se producen grandes fracturas, debajo de los mares deben ocurrir idénticos fenómenos. El agua penetrando por esas rajaduras, adquiriría, gracias a la progresión geotérmica, una temperatura elevadísima, capaz, en ciertas profundidades, de vencer la gran presión existente y convertirse, con explosión, en vapor de agua. De acuerdo con estas ideas todos los volcanes debieran estar junto a los mares.

La teoría de Fouqué, se rechaza: 1º porque no todos los volcanes están próximos al mar (los hay a 1500 kilómetros de distancia); 2º porque no todos los volcanes arrojan vapor de agua en grandes proporciones; 3º porque aquellos más oceánicos, como los de Hawai, en pleno Pacífico, son los que menos agua arrojan.

Wegener ha hecho notar, por lo demás, que la presión crítica del agua es sólo de 200 atmósferas y se alcanza ya a una profundidad de 2000 metros. En consecuencia, el calentamiento, por grande que sea no produce a dichas profundidades ebullición del agua y al rebasar ésta su temperatura crítica, trata de elevarse solamente a causa de su menor densidad y no tarda en mezclarse con la que está a temperaturas próximas a cero grado en el fondo de los mares. (Adaptación de "La génesis de los continentes", por A. Wegener).

Teorías químicas. — El químico Lemery, observando en 1700 («Explication physique et chimique des feux souterrains». — París) que la mezcla de limaduras de hierro y flor de azufre, en presencia del agua, da lugar a una violenta reacción química con desprendimiento de calor, juzgó que los volcanes no eran sino grandes depósitos de esos productos puestos en combustión por el agua infiltrada en las rocas. Esta teoría, que sugestiona mucho a los estudiantes de química en presencia de las experiencias de laboratorio, no puede aceptarse en virtud de que el hierro no se encuentra, en el interior de la Tierra en estado metálico y, por consecuencia, no hay posibilidad de una reacción de esa clase.

Hunphry Davy (1830) el descubridor del sodio y del potasio, tuvo ideas análogas a las de Lemery. Las aguas de infiltración llegarían a depósitos de dichos cuerpos y producirían, como en los gabinetes de química, desprendimiento de calor, explosiones, humaredas y proyecciones de materiales al espacio. ¿Pero dónde se han podido hallar depósitos de sodio o de potasio capaces de producir fenómenos tan intensos como los volcánicos?

Teorías cosmogónicas. — Alex Perrey, por su parte, sostiene que la Luna no se limita a ejercer acción sobre los mares, sino que actúa en el interior del globo, produciendo verdaderas mareas del magma. Su fuerza, sumada a la fuerza de atracción de los planetas, en las conjunciones, daría lugar a la ruptura de la corteza, por cuyas fisuras escaparía la materia incandescente interior.

Hoy no puede admitirse esta hipótesis porque: 1º el interior de la Tierra es rígido y si alguna deformación puede anotarse, nunca justi-

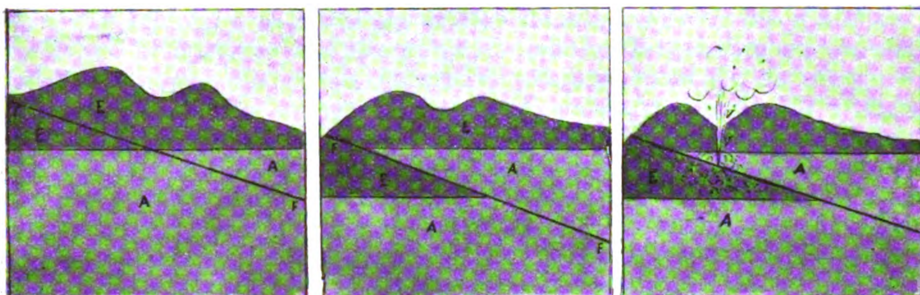


Fig. 121. — *TEORIA VOLCANICA DE MEUNIER. — I. La zona E, impregnada de agua de infiltración, se sobrepone a la región más profunda A, aún demasiado caliente para ser humedecida. — Una geoclasis orogénica F F, atraviesa el conjunto.*
II. El juego del geoclasis F F ha determinado el deslizamiento de una porción anhidra y roja A, sobre una porción de la zona húmeda E E, de la cual una parte queda intercalada entre dos niveles de la zona más caliente.
III. La apertura de una fractura en el conjunto anterior, pone en comunicación con el exterior, las rocas hidratadas recocidas por la superposición de A.

ficaría la magnitud volcánica; 2º porque las explosiones volcánicas, serían, a ocurrir los hechos como los imagina Perrey, fenómenos perfectamente predecibles [1].

Teoría de Meunier. — Alfredo Cornú ha observado que sometiendo rocas aparentemente secas a altas temperaturas, se produce un gran desprendimiento de vapores con fuerza explosiva realmente intensa. Sometiendo un trozo de granito de diez centímetros cúbicos, a temperatura suficiente, puede dar, aunque parezca sorprendente, veinte litros de vapor de agua.

Estanislao Meunier, edificó con estas ideas una teoría que en síntesis vamos a exponer:

Un terreno infiltrado por las aguas pluviales E (fig. 121) se encuentra posando sobre un terreno seco A. Una fuerza de dislocamiento origina en esos terrenos, una falla F a merced de la cual se produce su deslizamiento hacia las regiones más profundas del globo. Resulta así que la capa de rocas secas, y anhidras A (II) se ha superpuesto a la zona húmeda E, quedando intercalada entre dos zonas muy calientes. La deshidratación tiene también, por efecto de este aumento de temperatura — según lo demuestra la experiencia de Cornú — una gran fuerza expansiva. Los gases en libertad se esfuerzan por salir hacia el exterior por el camino más corto o bien por el menos resistente (III).

1. No obstante lo dicho, Perrey ha aclarado sus ideas: "Se dice que yo he atribuído los temblores de tierra a la acción de la Luna y se ha exagerado mi pensamiento, pues yo no he hecho una teoría sísmica. Considerando el fenómeno complejamente ligado a la actividad volcánica y debido, en su conjunto, a varias causas, solamente he tenido por fin poner en evidencia la acción predominante, al menos diferencial, de una de estas causas".

Si se analiza un poco esta teoría, se puede ver que no es sino un resurgimiento ingenioso de la teoría marina de Fouqué: en lugar de hacer intervenir el agua del mar, hace actuar el vapor de agua intrínseco de ciertas rocas.

Teoría de Stübel. — Este profesor alemán admite como fundamento de la teoría que vamos a exponer, el estado gaseoso primitivo del interior del globo, dejando establecida la solidez actual del núcleo. Supone Stübel que al principio la totalidad de la esfera terrestre estaba por su alta temperatura en estado de fluidez, pero más tarde comenzó el enfriamiento por la parte exterior y se creó una capa solidificada de poco espesor, contra la cual fueron reaccionando violentamente los materiales interiores. Esa capa, por su debilidad, se resquebrajó en muchos puntos y dió paso a los materiales fundidos que así constituyeron incalculable número de volcanes. Mientras se operaba este funcionamiento que demandó (como todos los períodos geológicos) un período de tiempo extraordinariamente largo, se formaron encima de la primera costra, otros terrenos mucho más espesos y algunos de ellos mucho más densos que la corteza primitiva (la *coraza* — dice Stübel). Los materiales interiores que en el primer período atravesaban fácilmente la corteza, encuentran al tocar los pisos superiores obstáculos muy fuertes que no pueden vencer o vencen con dificultad.

Sucede de este modo que los materiales fundidos, quedan detenidos entre dos capas, formando especies de cisternas o depósitos llamados lacolitos por el profesor Gilbert.

Estos recipientes quedan encerrados entre materiales que forzosamente tienen que sufrir los efectos del enfriamiento que continúa, y por lo mismo tienen que reducir su capacidad. Los materiales en ellos encerrados, al estar presionados, toman mayor tensión y llega un momento en que llegando a romper las capas superiores se abren paso al exterior.

La teoría de Stübel no se limita únicamente a explicar la génesis del volcán, sino que explica también todo su mecanismo. Para Stübel la chimenea no es más que una válvula. Si esta válvula se cierra, los gases interiores nuevamente presionados por la disminución lenta pero persistente de la capacidad de la cisterna, vuelven a esforzarse por salir. Este cierre se realiza cuando los materiales arrojados por la primera explosión no tienen la fuerza suficiente para llegar a la superficie y se solidifican dentro de la chimenea.

Es natural que una vez tapada la chimenea se reproduzca otra vez el acrecentamiento de las presiones interiores. Si éstas tienen el vigor suficiente hacen saltar el tapón o de lo contrario se abre paso lateralmente, constituyendo un cráter adventicio.

Como el enfriamiento continúa y a causa del cual se reduce la capacidad del cisterna, cada vez que se obstruye la chimenea vuelve a subir la presión. Llega, pues, un momento en que el recipiente muy reducido carece ya de fuerza para levantar los materiales que tiene encerrados

y entonces se puede afirmar que el volcán ha muerto o está apagado definitivamente.

Como se ve, esta teoría explica los intervalos entre erupción y erupción, la mayor fuerza expansiva de los volcanes que tienen largos reposos, la independencia de las erupciones, la distribución geográfica de los volcanes (en virtud del más fácil acumulamiento de materiales en las zonas fuertemente replegadas) y por último la diferente composición química de los materiales arrojados a la superficie.

Wegener, muy recientemente, atribuye las formaciones volcánicas a restos del sial presionados por el sima al navegar en su movimiento de deriva (véase pág. 61).

VI. La litoesfera

LOS SISMOS

La sismología. — La prodigiosa reserva de energía que atesora la Tierra en su interior, desde que el enfriamiento externo dió lugar a la formación de la corteza, no sólo se manifiesta por medio de las erupciones volcánicas, que acabamos de estudiar, sino también por trepidaciones del suelo, cuya intensidad es variable, y a las cuales se da, en general, la denominación de *terremotos.* El vulgo, no obstante, distingue dos clases de intensidades: el *temblor de tierra,* cuando sólo se trata de vibraciones que no ocasionan mayores perjuicios, y *terremoto* propiamente dicho, cuando esas vibraciones tienen un carácter destructor. Como es fácil ver ambos términos carecen en absoluto de precisión.

El modo de manifestarse un terremoto es muy variable. Tan pronto es una vibración de poca intensidad, como una trepidación que conmueve y destruye cuanto está sobre el lugar sacudido. Tan pronto un terremoto se siente a miles de kilómetros a la redonda, como se reducen sus efectos a una corta extensión. El terremoto de Lisboa de 1775 se sintió en los Alpes, en las costas de Suecia, en las Antillas y en las Canarias. Cuando es muy fuerte, al ruido sordo que se oye como un anuncio horroroso, sucede la sacudida. Se abren profundos pozos en la tierra; se levantan las capas de los terrenos; el agua surgente cesa de brotar; los edificios se balancean y se agrietan; los ríos se secan o salen de madre; los más grandes palacios se derrumban; las casas se hunden en las enormes grietas que se forman en el suelo y pueblos enteros perecen en la catástrofe. La historia está llena de siniestros de esta clase: Lisboa, Calabria, Mendoza, Caracas, Lima, Valparaíso, San Francisco, Messina, Copiapó...

Para estudiar los movimientos bruscos del suelo *(sismos)* es necesario tener en cuenta muchos factores: la intensidad de la sacudida; las distintas clases de vibraciones producidas; la duración del fenómeno; el lugar de la corteza donde ocurre con más violencia la trepidación; la velocidad con que traslada la onda, etc.

Intensidad de los sismos. — Se ha convenido en llamar *megacismos,* a los temblores de tierra muy destructores; *macrosismos* a los de intensidad poco destructora y *microsismos* a los que sólo pueden ser advertidos por los aparatos registradores. Es fácil ver, que aun esta clasificación carece de exactitud científica, porque, como dice Montessus de Ballore, la distinción práctica entre los macrosismos y microsismos es muy difícil de hacer, y, en todo caso, el límite de las dos áreas puede estar casi indeterminado [*104*, pág. 46].

Por lo demás, la distancia que media entre el lugar donde se produce la conmoción y el lugar donde está el observador, es un factor po-

deroso en la apreciación de la intensidad del sismo, pues las conmociones de éste se propagan por la corteza de igual modo que las ondas que provoca la caída de una piedra, se propagan en el agua.

ESCALAS DE ROSSI - FOREL Y MERCALLI. — El primero en intentar la clasificación de los terremotos por la intensidad de los efectos destructores, fué Egen, al estudiar el terremoto de la Provincia Rhenana de 1828. Estableció, al efecto, seis graduaciones, desde las más leves hasta las que producen la destrucción de los edificios. Mallet, en 1858, se conformaba en dividirlos en terremotos de pequeña, de mediana y de gran intensidad. Pero estas clasificaciones eran demasiado imprecisas. De Rossi y Forel propusieron, en 1883 una nueva graduación [1] compuesta de intensidades basadas, como las anteriores, en los efectos causados al hombre y los daños hechos por el temblor en los edificios, etc.

Consta de diez graduaciones crecientes a saber:

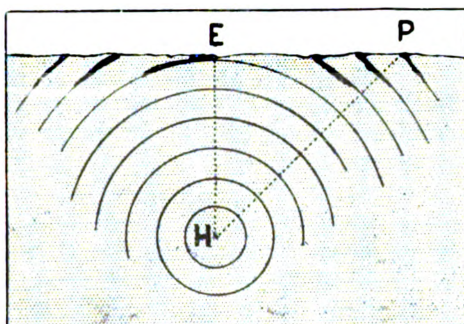
Clasificación	*Intensidad*	*Efectos producidos*
Microsismos	I	Movimientos no registrados por todos los aparatos y sólo advertidos por observadores muy experimentados.
	II	Todos los aparatos, cualquiera sea el sistema, entran en vibración. Sus sacudidas sólo son advertidas por un pequeño número de personas en quietud.
	III	Sacudidas sentidas por todas las personas en reposo. La duración y dirección del movimiento son discernidos.
	IV	Movimientos notados por personas en actividad. Se mueven las puertas y las ventanas. Los pisos crujen.
	V	Sentido por todos. Se mueven los muebles y las camas. Las campanillas y timbres suenan.
Macrosismos	VI	Las personas dormidas despiertan. Oscilan los cuerpos colgados; los relojes de péndulo se detienen; los árboles se sacuden. Algunas personas asustadas huyen de las habitaciones.
	VII	Los objetos poco estables caen de su posición; los yesos y revoques se desprenden; los relojes de los edificios públicos se detienen. Susto general.
	VIII	Las paredes se agrietan. Las chimeneas caen.
	IX	Ruina total o parcial de los edificios.
Megasismos	X	Desastres y ruinas. Inversión de las capas terrestres. Pozos y rajaduras en la tierra. Escurrimientos de terrenos en las montañas. [2]

Esta escala es convencional y arbitraria, pero de fácil uso aun para aquellas personas que nunca hayan hecho observaciones. Tiene el defecto de estar muy detallada para los sismos poco importantes y, en cambio, es poco concreta para la gran intensidad. Advirtiendo esto, Mercalli propuso una nueva escala que, sin alterar el número de grados, los modifica y hace más discernibles [3]. La escala de Mercalli — a la cual agregó su autor, después del terremoto de Calabria de 1908, una

1. DE ROSSI.—Bulletino del vulcanismo italiano.—Anno X, p. 67 - 68.—Roma, 1883.

2. El alumno no debe aprender esta escala, sino leerla simplemente para tener una idea de ella.

3. G. MERCALLI.—"I terremoti della Ligura e del Piemonte".—Nápoli, 1897.—Página 10.





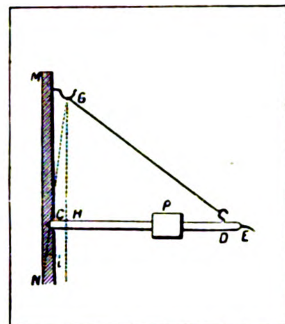


FIG. 122. — *Método de Mallet para la determinación de la profundidad del foco sísmico.*
FIG. 123. — *Principio del sismógrafo vertical.*
FIG. 124. — *Principio del sismógrafo horizontal sistema Milne - Omori.*

11ª intensidad que llama *Sacudida catastrófica* [1] — ha sido adoptada oficialmente por el Servicio Geodinámico Italiano y tiende a ser empleada en sustitución de la de Rossi - Forel en todas partes.

ESCALA DE OMORI. — El sismólogo japonés Omori, construyó (1902) una escala científica basada en la aceleración máxima comunicada por un sismo a una partícula del suelo o de un objeto. Como la aceleración es el espacio recorrido por un móvil en un segundo de tiempo, debemos, pues, disponer de dos datos esenciales: el número de vibraciones que una partícula del suelo efectúa en la unidad de tiempo o sea la *frecuencia* y el espacio recorrido por ella en el movimiento de vaivén, o sea la *amplitud*. Ahora bien; multiplicando la amplitud por la frecuencia, se tiene la aceleración, pero resulta, de la experiencia, que los terremotos de gran amplitud y poca frecuencia producen efectos tan destructores como los que tienen gran frecuencia y poca amplitud. La escala de Omori, establece que la aceleración máxima no pasa de 5 a 10 milímetros por segundo en los temblores de tierra débiles; que un valor de 50 milímetros es ya raro y que de 100 a 200 milímetros, el seismo es verdaderamente fuerte. A partir de 300 se llega a los grados VI y VII de la escala de Rossi - Forel y más allá el temblor de tierra es destructor [*104* p. 53]. Se comprende, pues, la minuciosidad de los datos exigidos por la escala de Omori, datos que sólo pueden proporcionar aparatos especiales y como éstos no se encuentran en todas partes, en la práctica, esta graduación tiene un uso muy limitado.

Caracteres de los sismos. — Al decir de Alfano, el terremoto no es un hecho simple y aislado. Es toda una serie de variados fenómenos

1. G. MERCALLI. — "Contributo allo studio del terremoto calabromessinese del 28 de Dicembre 1980". Atti del R. Istituto de Incoraggiamento di Napoli. — Serie VI, vol. VIII. — Pág. 14. (Citado por J. B. Alfano).

que acompañan las manifestaciones en la superficie terrestre de un choque ocurrido dentro de su corteza [*4*, pág. 4].

La *sacudida* es, pues, uno de los fenómenos del terremoto, provocado por el choque — cualquiera sea su origen — ocurrido en un lugar interno de la litoesfera.

HIPOCENTRO O FOCO. — Hipocentro o foco sísmico es el punto de la corteza donde ha ocurrido el choque generador de la sacudida. El hipocentro siempre se encuentra en el interior de la corteza, nunca superficialmente.

Diversos métodos han sido propuestos para averiguar la profundidad del foco sísmico, pero ninguno es enteramente satisfactorio. Mallet, en 1857, hizo conocer uno, basado en las leyes relativas a las vibraciones de los cuerpos elásticos. Propuso, al efecto, señalar la situación de las grietas abiertas en el suelo por el seismo y trazar para cada una de ellas el plano medio (fig. 122). De esta suerte las diversas perpendiculares así obtenidas se cortan en un punto que coincide con el hipocentro o foco sísmico *H*. Mucho más recientemente, Omori en 1906 y Kövestigethy (1905) han propuesto otros métodos cuya explicación no cabe aquí.

VIBRACIONES LONGITUDINALES, TRANSVERSALES Y SUPERFICIALES. — Del hipocentro o foco sísmico parten vibraciones de dos clases: unas llamadas *vibraciones longitudinales*, verdaderas vibraciones elásticas de las rocas, que se propagan de igual modo que las ondas sonoras, vale decir, en forma esférica. En virtud de esto, ellas son más intensas cuanto más próximas están al centro de conmoción.

La otra clase de vibraciones se llaman *transversales* y constituyen verdaderas inflexiones de las moléculas de las capas terrestres. Ellas se propagan desde el punto de conmoción a la superficie terrestre, pero normalmente al rayo sísmico, es decir, como las ondas transversales del éter que se estudian en los cursos de física.

Las vibraciones longitudinales y transversales se traducen, en la superficie por una tercera clase de vibraciones llamadas ondas superficiales, que se trasladan paralelamente y producen, en el observador, la sensación de un oleaje de mar. Este aspecto es tanto más notable cuanto que en algunos terremotos, el pavimento de las ciudades ha quedado, después del sismo, formando verdaderas ondas, como ocurrió en Mesina, el año 1908 [*4*, p. 16] o muchos habitantes se han sentido durante el terremoto presas del mareo típico de las personas que viajan por mar [*93*, pág. 53].

EPICENTRO Y ZONA EPICENTRAL. — Geométricamente podría definirse el epicentro de terremoto como el punto donde un radio terrestre que pasa por el hipocentro o foco, toca la superficie de la Tierra. La experiencia ha enseñado, sin embargo, que el epicentro no es un punto, sino una zona más o menos extensa donde la sacudida sísmica alcanza su mayor intensidad. Cuando el hipocentro está a poca profundidad,

el epicentro abarca poco espacio superficial; por el contrario, cuando es profundo, sus ondas se dejan sentir a gran distancia. Es el caso del terremoto de Lisboa de 1755, que se sintió en casi toda Europa occidental y en las Canarias. Muchas veces el epicentro se traslada durante un corto período de tiempo. Así ocurrió, en efecto, durante la catastrofe de Calabria en 1783 y en el terremoto de Alepo de 1894.

Si se analiza la fig. 122, se advierte fácilmente que lo que determina las ondulaciones superficiales, son las vibraciones que parten del hipocentro y como esas ondas son tanto menos intensas cuando más lejos están del centro de conmoción, se comprende que la zona que se halla más inmediata a dicho centro sea la que determine la región epicentral o de mayor conmoción sísmica.

TERREMOTOS SUSULTORIOS. — En algunos temblores, el movimiento parece producirse de abajo hacia arriba, a modo de saltos, mientras que en otros, da la sensación de ondas u oscilaciones. Los primeros han recibido el nombre de *susultorios* o *verticales*. Ocurren cuando el punto de observación está sobre la vertical del hipocentro, pues en realidad, las vibraciones ocurren desde lo bajo a lo alto (*E*, fig. 122). «En el terremoto de Cassamicciola del 28 de Julio de 1883, en Florio de Ischia, un joven fué lanzado violentamente desde una terraza y a través de la calle contra la vereda de enfrente y en Cassamicciola marido y mujer fueron despedidos de su lecho hacia un campo inmediato, a diez metros de distancia» (Citado por Mercalli). En el terremoto de Río Bamba, en el Ecuador, del año 1797, los cadáveres de los indios enterrados en la cima de las montañas, según es costumbre entre muchas tribus de América del Sur, fueron arrojados al espacio y después de describir una amplia parábola, cayeron al valle próximo con el consiguiente susto de los pobladores que habían escapado de la catástrofe. Los ejemplos de tumbas abiertas por los terremotos verticales, y de cadáveres arrojados fuera de ellas, son, por lo demás, muy abundantes en la historia de los sismos.

TERREMOTOS ONDULATORIOS. — Es también fácil advertir, observando la fig 122, que el valor del ángulo con el que el radio sísmico arriba a la superficie terrestre, varía con la situación del observar respecto del hipocentro. Mientras que para una persona situada en *E* las vibraciones vienen de abajo hacia arriba, para otra situada en *P*, es indudable que ellas se han de desplazar con un movimiento semejante al del traslado de las olas en el mar. El Dr. Mac - Lee que había oído el ruido precursor del terremoto de Charleston, de 1886, corrió a situarse en medio de la calle y sintió primeramente un estremecimiento del suelo, enseguida un movimiento de vaivén y entonces vió claramente pasar cuatro o cinco olas a las cuales calculaba, poco más o menos, la altura de un pie. «Si la calle Tradd — decía — hubiera estado bajo el agua y yo embarcado, el movimiento trasmitido a mi cuerpo no hubie-

ra sido sentido tan distintamente ni las olas vistas con tanta claridad» [*93*, pág. 53].

TERREMOTOS VORTICOSOS. — En algunos terremotos, los objetos derribados por la sacudida se han dispuesto en torno de un centro, y, en otros, los cuerpos superpuestos se han desplazado formando ángulos que hicieron sospechar la existencia de una tercera clase de terremotos llamados *vorticosos*. Mallet, entre otros, intentó una explicación mecánica, apoyada en la refracción de la onda sísmica, pero para Montessus de Ballore, no se trata más que de una «simple ilusión de los sentidos» [*104*, p. 80] pues todo parece reducirse a defectos de adherencia entre los bloques superpuestos. Apílense, por vía de ejemplo, dos o tres libros y apóyese fuertemente un dedo sobre uno de los ángulos. Aplíquese luego, a uno de los libros, un golpe en dirección recta: se verá así, que por efecto de la adherencia en uno sólo de los ángulos, el libro hará un movimiento circular, como si la fuerza que hubiera determinado ese movimiento fuera también circular. Tal es lo que ha ocurrido en el monumento funerario a Chatak durante el terremoto de Assam, de 1897 (fig. 125); el que observó Sarcone en los obeliscos del Convento de San Bruno, en Calabria, después del terremoto de 1783 y el de la estatua de la Reina Victoria que los habitantes de Kingston (Jamaica) habían colocado mirando hacia el mar, como símbolo protector de la marina, estatua que el terremoto de Enero de 1907 hizo girar 45º hacia tierra.

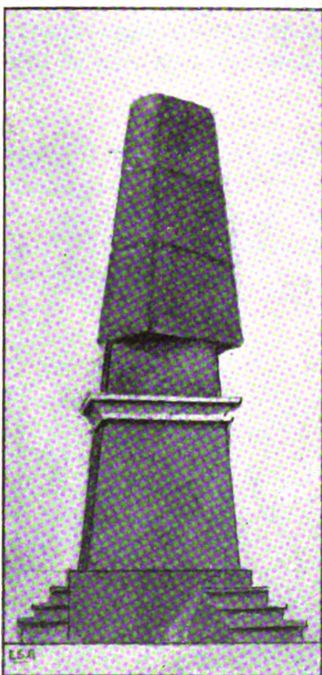


FIG. 125. — *El monumento funerario a Chatak en la forma que quedó después del terremoto de Assan (India) en 1897.*

Dirección del movimiento sísmico. — Se llama dirección de la onda sísmica, a la línea según la cual ha llegado el choque sísmico a la superficie de la tierra. A lo largo de esta línea, la ondulación podrá propagarse en un sentido o en otro. A primera vista parece cosa fácil determinar la dirección y el sentido de la propagación de la onda sísmica, pero la experiencia ha demostrado que nada hay más engañoso para el observador que indicar la verdadera dirección de la onda.

Se ha creído encontrar un medio de determinar la dirección de la onda sísmica, observando la colocación de los cuerpos caídos después de un terremoto, pues parecería lógico que cayeran hacia el lado opues-

to al punto de donde procede la sacudida. Esto no obstante, las excepciones son demasiado numerosas para que el hecho pueda ser generalizado. Es, en efecto, frecuente encontrar cuerpos caídos hacia el mismo lugar de donde el movimiento procede. Omori, por su parte, afirma que para las vibraciones de período muy corto, el objeto cae hacia la parte de donde viene el choque, pues, no tiene tiempo de participar del movimiento horizontal del terreno y entonces se comporta exactamente como si se diera un golpe súbito en la base. En cuanto a los terremotos de vibración lenta — dice el mismo sismólogo — el objeto cae en sentido opuesto al lugar de donde procede el choque, pues participa de las ondulaciones del suelo, y al mismo tiempo que en el suelo empieza el retorno de las ondulaciones, el objeto por inercia continúa moviéndose y se separa del suelo cayendo hacia donde era empujado [*4*, p. 31].

Pero todo cuanto a este respecto pueda afirmarse, se esfuma ante el hecho evidente de que muchos objetos no caen al primer impulso, pues previamente se balancean, aflojan o rompen la base de sustentación y recién después caen hacia el lado donde tienen mayor peso. Esta es la razón por la cual en un mismo edificio, la caída de los cuerpos suele presentarse en distintas direcciones después del sismo.

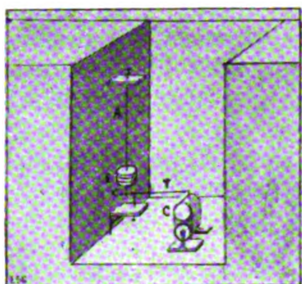
Movimientos preliminares y ruidos sísmicos. — Muchas veces el movimiento destructor del terremoto es precedido de uno o varios temblores de pequeña intensidad, pero en ningún caso el espacio de tiempo que media entre ambos fenómenos pasa de varios segundos. Es así que con gran frecuencia el movimiento promonitor no existe o si existe es tan inmediato a la sacudida principal, que los habitantes no tienen tiempo de ponerse a salvo. Algo análogo podría decirse en cuanto a la intensidad de la sacudida preliminar: mientras en muchos casos es perfectamente discernible, en otros no es advertida por las personas. Algunos observadores han podido comprobar que los animales suelen dar señales de inquietud antes de producirse un temblor de tierra y ello ha sido atribuido a su mayor contacto con el suelo que les permite sentir las trepidaciones que para los hombres pasan inadvertidas.

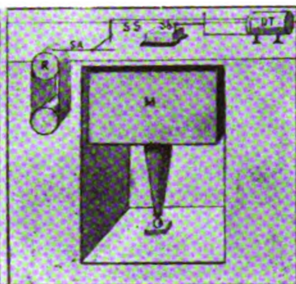
Se llama *ruido sísmico* a un fenómeno acústico que precede o acompaña a los terremotos y que ha sido comparado con el rodar de un tren de artillería, con el pasaje de un carro cargado sobre un pavimento irregular, con un trueno lejano, etc. Esto no obstante, muchos terremotos se han producido sin ruidos sísmicos, así como pueden ocurrir ruidos sísmicos sin que el terremoto se produzca.

El ruido sísmico recibe muchos nombres locales: *retumbos*, en los Andes; *bramidos* [1], en México, *rombi* y *brontide* en Italia.

---

1. **Los bramidos de Guanajuato.** — "Se hubiera dicho que aquello era una tormenta subterránea. El ruido cesó como había comenzado, es decir, gradualmente. Estaba limitado a un espacio reducido, porque a pocos miriámetros de allí, sobre un terreno basáltico, no se oía ya. Casi todos los habitantes fueron sobrecogidos de espanto; abandonaron la ciudad, en donde había acumuladas grandes cantidades de plata en barras, y fué menester que los más animosos volvieran a toda prisa para





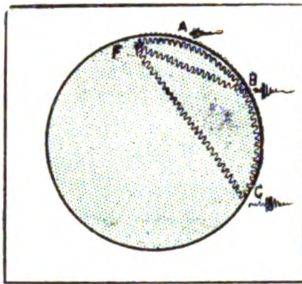


FIG. 126. — *Principio del Sismógrafo Vertical Vicentini.*

FIG. 127. — *Prinpicio del Sismógrafo astático Viecker.*

FIG. 128. — *Cómo se trasmite la onda sismica.*

La ciencia no ha logrado aún clasificar la importancia de este fenómeno. Algunos sismólogos, creyeron que en ellos podría encontrarse la base de las ansiadas predicciones de sismos, pero el abundante utilaje acústico de los observatorios sísmicos no ha logrado disipar la incógnita. [1]

Réplicas. — Después de un terremoto fuerte, es común que se sucedan varias sacudidas por espacio de algunos días y aun de meses. El sismo de Octubre de 1914 que conmovió toda Grecia y arruinó la ciudad de Tebas, originó réplicas desde el 17 de Octubre hasta el mes de Diciembre [D. Eginite Inf. a la Ac. de Sc. — Rev. Scientifique, 1915]. En el de Messina, se produjeron más de 300 réplicas, desde el 28 de Diciembre de 1908 al 20 de Enero siguiente.

Las réplicas — llamadas también *remezones* en Chile y en la Argentina — han sido explicadas como un simple esfuerzo de los fragmentos de la corteza originados por el choque sísmico para buscar el equilibrio estable. Mientras este "acomodamiento" no se realiza, los choques continúan. [2]

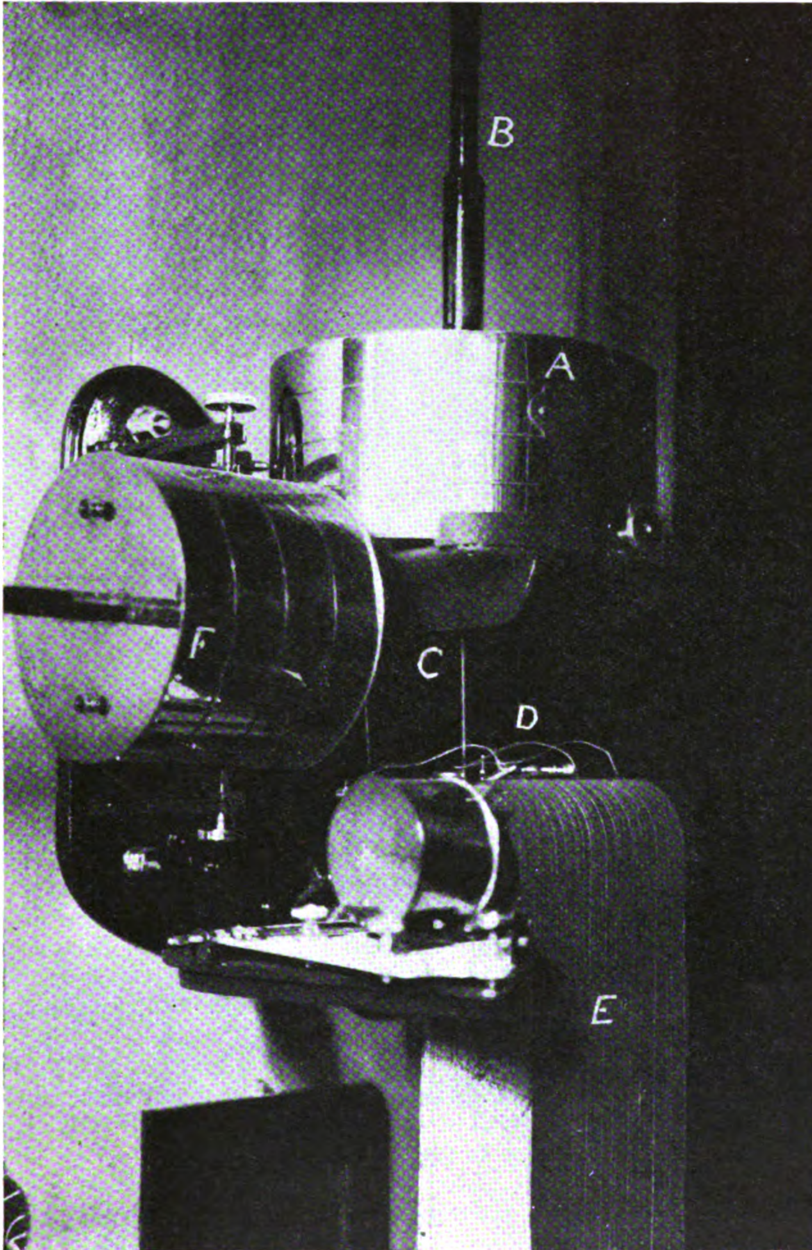
Aparatos de observación y medida. — LOS SISMÓGRAFOS. — Todos los aparatos destinados a medir y registrar los sismos, tienen por ba-

---

disputar varios tesoros a los bandidos que se habían apoderado de ellos. Mientras se verificó el fenómeno no se sintió ninguna sacudida en la superficie ni en el interior de las minas próximas a 500 metros de profundidad". [A. DE HUMBOLDT. — "Cosmos", primera parte]. Los bramidos de Guanajuato duraron más de un mes (1784).

1. Algunos sismólogos afirman que la "altura" del ruido sísmico está en razón inversa con la intensidad de la sacudida. Cuanto más grave es el sonido, menos fuerte es el terremoto.

2. Ciertos profetas de temblores de tierra, al ser consultados por los periodistas después de una gran conmoción sísmica afirman que durante una o dos semanas van a ocurrir nuevas conmociones. El fenómeno de las réplicas sirve, de este modo, para justificar, aparentemente, ante el público no versado en sismología, la certeza de las predicciones...



(Fot. Obs. Nacional).

Fig. 129. — *MICROSISMOGRAFO VICENTINI, existente en el Observatorio Nacional (Prado). Es horizontal y vertical. Se compone de una serie de cilindros metálicos superpuestos A, con un peso de 120 kilos. Está suspendido por un hilo de acero en la prolongación de B. — C, estileto vertical; D, agujas inscriptoras; E banda de papel ahumado; F, masa pendular horizontal.*

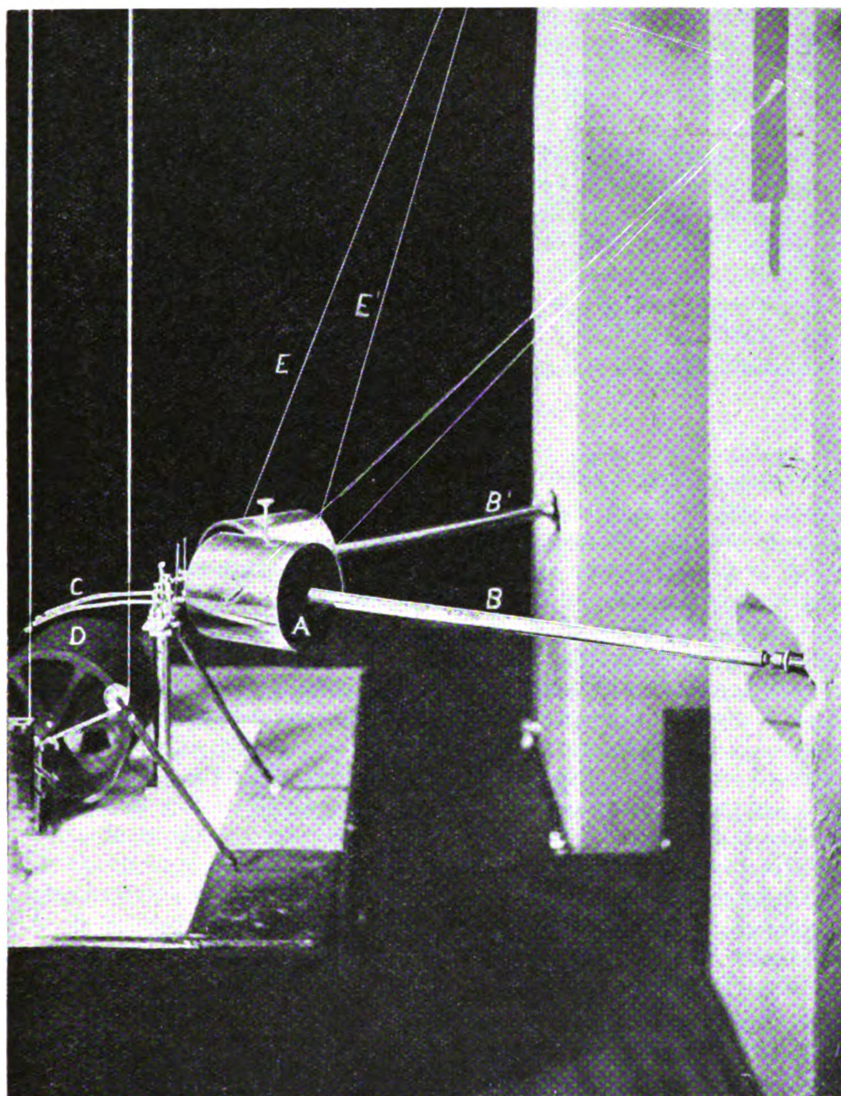
se el principio del péndulo, pues se trata de obtener el aislamiento de una masa, de la conmoción provocada por el sismo, a fin de poder establecer por referencia con un punto fijo, el valor de la oscilación. En la práctica este hecho no es posible, porque necesariamente todo cuerpo fijo tiene que mantener una dependencia directa o indirecta con el suelo. No siendo, pues, factible la construcción del péndulo ideal, ha debido recurrirse al péndulo físico, que mantiene una comunicación — la menor comunicación que puede realizarse — entre la masa que se pretende mantener inconmovible y el suelo cuyas vibraciones se van a medir. Sea, por ejemplo, un péndulo *A B* (fig. 123) formado por una bola pesada *A*, suspendida por un hilo a un punto *B*, solidario del suelo cuyos movimientos se van a estudiar. Es, pues, fácil comprobar que cuando el suelo se mueve y también con él, el punto de colgadura *B*, la bola permanece inmóvil durante algún tiempo, debido a su inercia.

Pero los terremotos no consisten precisamente en un sólo movimiento brusco, sino en una serie de oscilaciones de duración irregular. Al cabo de un rato, pues, el punto de suspensión del péndulo participa del movimiento del suelo y el sistema entero se pone a oscilar, tomando la masa pendular, con respecto al suelo, un movimiento muy complejo y confuso. El problema consiste, así, en aislar ambos movimientos a fin de determinar con claridad el que corresponde al suelo.

Sismógrafos verticales. — Una aplicación directa del principio pendular es el Sismógrafo de Vicentini, usado en la Sección Sismológica del Observatorio Nacional en el Prado y que, en esencia consiste en una serie de discos de plomo (*E*, fig. 126) superpuestos hasta formar una masa de 120 kilos. Esta masa está colgada de un alambre de acero delgado *A* que parte de una percha en conexión con el muro. La masa, en su parte de abajo y en el centro tiene un estileto *e* del cual parte la aguja incriptora *I*, dispositivo muy delicado de aluminio y vidrio *T*, que va a apoyarse en un cilindro *C* que, merced a un aparato de relojería da una vuelta completa en determinado número de horas. Envolviendo este cilindro, hay una banda de papel ahumado, donde al apoyarse la aguja descubre el fondo blanco de aquél y traza una línea recta si la tierra permanece inmóvil y ondulada si ésta se mueve *(sismograma)*. Para que el aparato vertical de Vicentini pueda funcionar bien, necesita un hilo de suspensión muy largo (hasta diez metros) y esta exigencia no siempre es compatible con la construcción del edificio llamado a darle cabida [1]. Véase la fig. 129.

Sismógrafos horizontales. — Para olvidar este inconveniente de seismógrafo vertical, se usan ahora los seismógrafos horizontales.

1. En los modernos sismógrafos tipo Galitzine, la inscripción se obtiene por un procedimiento llamado galvanométrico, pues por un sistema de bobinas que se desplazan en un campo eléctrico, las inscripciones quedan registradas fotográficamente (E. ROTHÉ. — "Le tremblement de Terre". — París, 1925).



(Fot. Obs. Nacional).

FIG. 130. — *SISMOGRAFO HORIZONTAL ALFANI, existente en el Prado (Observatorio Nacional) A y A', masas pendulares; B y B' brazos apoyados en el muro; C agujas inscriptoras; D tambor registrador. Pueden advertirse los dos péndulos dispuestos en ángulo recto con el objeto de poder determinar la dirección de la onda sísmica. Se destacan igualmente los hilos de suspensión para mantener la horizontalidad del péndulo. Los sismógrafos Alfani son de una delicadísima sensibilidad.*

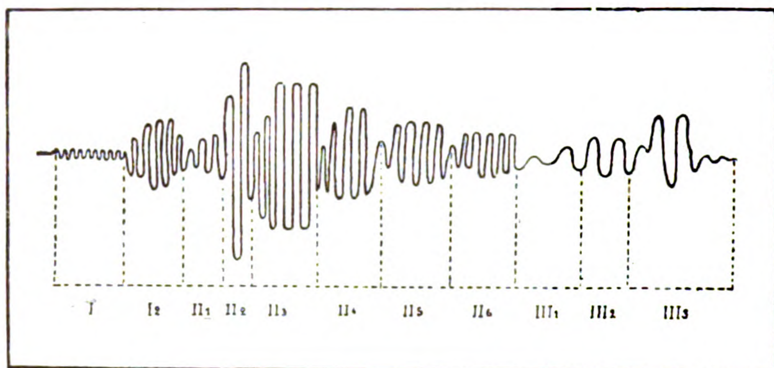


FIG. 131. — *Inscripción de un sismo (Sismogramas)*

El principio físico del sismógrafo horizontal puede comprenderse fácilmente con la fig. 124 a la vista.

M N es un soporte vertical rígido, de posición perfectamente vertical. *C E* es un brazo que apoya uno de sus extremos en el soporte vertical y que es sostenido por el otro por un hilo *D G*. En este brazo hay una masa pesada *P*. Ahora bien, el brazo puede oscilar fácilmente en torno del eje *G C*, que es la línea trazada entre el punto de suspensión del hilo en *G* y el lugar donde hacen contacto el soporte vertical y el brazo. Si el eje *G C* estuviera absolutamente vertical, como lo muestra la línea de puntos *G H* el brazo movible se encontraría en equilibrio indiferente. Pero en rigor de los hechos, el equilibrio indiferente disminuye a medida que aumenta el ángulo en *i* formado por el eje *G C* y el soporte vertical. Las puertas de un armario tienden por esta razón a abrirse y oscilar, tan pronto como se saca a éste de la vertical, y el brazo del sismógrafo horizontal se pone en movimiento así como la sacudida del suelo aparte el soporte de la vertical. El sismógrafo horizontal de Alfani existente en el Prado; que representa la fig. 130 y el Bosch, etc., muy difundidos en todo el mundo, son de esta clase.

Sismógrafos astáticos. — Todavía se conoce un tercer tipo de sismógrafos: los llamados astáticos, cuyo representante más difundido es el del alemán Wieckert. Se llama astático por estar basado en un péndulo invertido; pues se trata de una gran masa (*M*, fig. 127) de 17.000 kilgs. de peso, apoyada sobre una punta *D*. El aparato inscriptor está agregado a la masa *S C* y con un sistema de palancas *S S* y *S A* deja dibujados sus movimientos sobre el papel que gira en el cilindro *R*.

Puede decirse que a Wieckert le tocó inaugurar un nuevo período de la historia de los aparatos sísmicos. En efecto: los sismógrafos empleados hasta entonces tenían el inconveniente — muy visibles en los verticales — no sólo de entrar en oscilación con período propio mezclando sus rasgos con los que pertenecen al movimiento del suelo, sino también el de atenuar sus oscilaciones con mucha lentitud.

A Wieckert le tocó iniciar un sistema para amortiguar las oscilaciones propias del péndulo, mediante un líquido contenido en el recipiente *D T* (fig. 127). Más tarde, ese amortiguamiento se obtuvo por medio de espirales y aun mismo Vicentini en su moderno microsismógrafo, ha adoptado un amortiguador de principio muy parecido.

Los microsismógrafos. — Todos los aparatos mencionados tienen dispositivos especiales para registrar los temblores de tierra más leves, es decir, los microsismos y por eso se les llama *microsismógrafos.* Así ellos están dotados de una sensibilidad tal que multiplicando por cien las oscilaciones del aparato, se traducen en el papel apenas por algunos milímetros. Puede explicarse de este modo que las vibraciones del terremoto de Chile del 11 de Noviembre de 1922 pudieran ser registrados en Francia por el microsismógrafo del Parque Saint Maur.

LOS SISMOGRAMAS; SUS APLICACIONES. — Hemos visto que la aguja inscriptora de todo sismógrafo se apoya sobre un tambor que, mediante una máquina de relojería da una vuelta completa en 24 horas. Dicho tambor está envuelto en una franja de papel ahumado, donde se han impreso dos clases de rayas: unas longitudinalmente, de milímetro en milímetro y otras transversalmente que dejan entre sí 24 espacios correspondientes a las horas del día. A su vez, estos espacios están divididos en 60 espacios menores, o sea en minutos y los minutos, por último, en segundos. Dado el movimiento rotatorio proporcionado a la banda de papel, todas estas divisiones pasan, en el término de 24 horas, por la punta inscriptora, la cual deja un trazo llamado *sismograma.* Cuando el suelo ha permanecido quieto, la línea del sismograma es una recta que sigue la dirección de las líneas milimetradas; pero tan pronto como el suelo trepida, el trazo se vuelve sinuoso, primero con una regularidad muy marcada y pocos milímetros de ancho y después con una mayor amplitud. Esto es lo que se llama *primera face* del sismograma (fig. 131, I^1, I^2, II^1). En seguida sobreviene una oscilación mayor de la línea inscripta, vale decir, período de gran amplitud (figura 131, II^2, II^3, II^4, II^5, II^6) donde puede advertirse el número de impulsos o sacudidas. A esta zona del sismograma se llama *segunda face* o *face principal* del sismograma. Por último, el sismograma acusa una inquietud, de amplitud y ritmo desordenado: es la *face terminal.*

Cabe hacer notar que no en todos los sismogramas estas faces aparecen bien definidas. Muchas veces faltan algunos períodos y con frecuencia se sobreponen los trazos, lo cual hace difícil su discernimiento. Cuando el sismo es muy fuerte, la oscilación es muy grande (gran amplitud) y la aguja inscriptora suele salirse de la banda de papel, quedando inmovilizada.

De todos estos rasgos se puede, pues, deducir, la hora del sismo y la intensidad del mismo, así como la situación del epicentro, según lo vamos a ver en seguida.

Propagación e inscripción de la onda sísmica. — Si la Tierra tu-

viera una constitución homogénea, es indudable que cualquiera que fuera la trayectoria de las ondulaciones sísmicas, éstas se trasladarían con igual velocidad. Pero la geología demuestra que la litoesfera y la bariesfera son de muy variada densidad, no sólo en función de profundidad, sino también en lo que atañe a los diversos lugares superficiales que puedan considerarse, pues depende, particularmente, de la clase de rocas predominantes. Las demostraciones experimentales realizadas por medios de explosivos, ya habían indicado claramente la diferente velocidad de trasmisión de la onda sísmica según las rocas, y los sismógrafos modernos han venido a demostrar con más precisión aún el fenómeno aludido. Aun cuando los datos obtenidos hasta ahora no permiten hacer todavía generalizaciones muy vastas, se puede sin embargo decir, que las ondulaciones que se trasmiten por la cuerda (entre el hipocentro y el punto de observación) marchan a razón de unos 10 kms. por segundo, mientras que las que siguen la trayectoria del arco, sólo andan a 5 kilómetros. Estos dos hechos, han venido a demostrar, por otra parte, la constitución rígida del núcleo central, pues de otro modo no se explicaría la gran velocidad de las ondas sísmicas trasmitidas en su seno. La tercera clase de ondas marcha por la parte superficial y como el medio es menos denso aún, se tiene que su marcha es todavía más lenta (3 a 3.5 kms.).

Ahora bien: estas tres clases de trayectorias y de velocidades tienen su representación gráfica en los sismogramas. A poco que se reflexione, se echa de ver que las ondulaciones que se inscriben primero en el aparato son las que llegan por el arco, no sólo por la mayor densidad de los elementos porque ha atravesado, sino también por la menor distancia recorrida. A esta primera inscripción se ha llamado primera face. Las vibraciones provocadas por esta primera face son interrumpidas al cabo de algún tiempo, por la llegada de otra clase de ondulaciones más amplias: las que se han trasmitido por el arco. Claro está que cuanto más distante esté el centro de conmoción sísmica del punto de observación, más ha de demorar en llegar al sismógrafo la segunda clase de vibraciones. Pues bien: si hay un mayor intervalo entre la iniciación y la terminación de la primera face, ésta ha de ser, por lo tanto, más larga cuanto más tiempo demore en llegar la ondulación del arco. De esta observación se ha sacado una noción fundamentalmente importante: cuanto más larga es la face inicial de un sismograma, más distante está del punto de observación el hipocentro. Los aparatos tienen ya una escala que reduce la longitud de la primera face a kilómetros y de este modo se puede saber, después de una registración, dentro de qué radio ha ocurrido el choque sísmico. Por todo ésto, es fácil comprender que los *terremotos locales* y movimientos por explosiones, etc., carecen de face inicial.

Otro dato importante suministrado por los sismógrafos es el relativo a la dirección de la onda sísmica y, por lo tanto, el punto de procedencia del choque. Para establecer esta determinación, es necesario

disponer de dos aparatos horizontales, orientados, uno en dirección N. S. y otro en dirección E. W. Cuando el movimiento es de N. a S. o S. a N. vibra el péndulo colocado de W. a E. y, vice-versa es de E. a W. o de W. a E., vibra el péndulo de N. a S. Cuando entran en vibración ambos péndulos quiere decir que la oscilación ha sido de una dirección intermedio. Ahora bien: conociéndose la situación de las zonas sísmicas, bastan estos datos para determinar de una manera aproximada la dirección de la procedencia del sismo.

La zona epicentral. — La noción de la zona epicentral está íntimamente ligada a la del hipocentro o foco, pues ella no sería otra cosa que el lugar en el cual la vertical del foco toca la superficie de la Tierra. Pero los sismólogos tienen dudas bien justificadas en cuanto a si el epicentro es un punto o es una zona más o menos extensa. Basta, en efecto, pensar que el movimiento sísmico pueda originarse por un deslizamiento a lo largo de una falla o por un fenómeno de plegamiento, para ver que la conmoción puede no afectar sólo un punto, sino abarcar toda una zona.

De cualquier modo, sea un punto o una zona, el epicentro se manifiesta en el área abarcada en la superficie por una mayor intensidad de la sacudida, de igual modo que la sacudida producida por la caída de una piedra en un estanque, se manifiesta con mayor intensidad junto al lugar de caída que en las zonas que le están inmediatas. Hay pues, un centro de intensa conmoción y una serie de ondas concéntricas que se van debilitando a medida que se acercan a la periferia. Estas diferencias de intensidades han podido ser deducidas de la observación directa por medio del trazado de las *líneas isosistas*. Se llaman líneas isosistas a las que unen los puntos sacudidos con igual intensidad por un terremoto y para su trazado hay que apelar a la escala de Rossi - Forel o a la de Mercalli [1]. Las intensidades observadas por diversas personas en las distintas localidades de la región conmovida, son promediadas y registradas con el número correspondiente de la escala elegida. Uniendo, luego, con una línea las localidades sacudidas con igual intensidad, se tienen trazadas las referidas líneas, cuya disposición concéntrica, en forma más o menos regular, es realmente sugestiva. Aun cuando por razones fáciles de comprender, el trazado de las líneas isoseitas no puede proporcionar datos rigurosamente científicos, es por el momento el único procedimiento cómodo y factible de que dispone la sismología para la determinación de la zona central de un sismo. Más riguroso y científico es, sin duda, el método de Omori, pero a nadie escapan las dificultades de su aplicación. Se trata, en efecto, del

1. La Conferencia Internacional de Sismología reunida en Estrasburgo en 1903, adoptó la escala de Forel, modificada por Mercalli, llamándose escala de Forel - Mercalli, por esta razón. Pero, la misma Conferencia extendió algo la escala de Forel primitiva, agregándole dos graduaciones. La escala de Forel - Mercalli, a 12 grados, se llama también "Escala Internacional" y es la publicada en 1917 por la Asociación Internacional de Sismología.

trazado de las homoseistas, es decir, las líneas que unen los lugares sacudidos a igual hora por el temblor de tierra. Pero la determinación de la hora exacta es una cosa muy difícil tratándose de distintas localidades, de distintos relojes y de distintos observadores. La diferencia de un segundo traduce distancias de propagación de la onda sísmica muy grandes, que altera la verdad de la representación que se quiere hacer. De este modo, sólo disponiendo de una nutrida red de sismógrafos, se podría realizar con éxito el trazado de las líneas homoseistas.

Maremotos. — Las partes continentales de la corteza terrestre no son las únicas sacudidas por los terremotos. En las zonas cubiertas por las aguas del mar también se producen sacudidas, pero su observación es más difícil en virtud de las grandes extensiones de los océanos no recorridos por líneas frecuentes de navegación o bien porque su intensidad no alcanza para conmover lo suficiente las embarcaciones movidas por el oleaje con el cual pueden confundirse sus efectos. De igual modo, las costas de ciertos países suelen ser conmovidas por temblores de tierra y es allí difícil decir con certeza si el epicentro está en el mar o en la tierra. «Uno de los descubrimientos más importantes de la sismología moderna, — dice Montessus de Ballore — es, precisamente haber demostrado que los relieves submarinos más acentuados, en las inmediaciones de las costas, dan lugar a temblores de tierra, cuyo foco, en lugar de encontrarse en tierra, está, al contrario, situado al pie o a lo largo del rápido talud inmergido.» [*104*, p. 182]. Las demostraciones han sido hechas en el litoral del Japón (Fosa del Tuscacora) y en las costas andinas de América o bien en otros lugares detallados por el mismo Montessus de Ballore en sus estudios de geografía sismológica [*105*].

Los efectos del maremoto en alta mar, se traducen por algunos detalles inesperados: de pronto el barco parece haber tocado fondo con la quilla; otras veces, el buque trepida como cuando se está levantando o bajando el ancla en virtud del roce de los eslabones de la cadena que la sostiene y no faltan observadores que describan el fenómeno como si el timón hubiera sido desplazado repentinamente.

Después de un maremoto, las aguas suelen aparecer llenas de peces muertos. Al principio se atribuyó este hecho a emanaciones gaseosas expedidas por la corteza en la sacudida, pero Alfani explicó el fenómeno como consecuencia del choque que experimentan los peces que nadan en las capas conmovidas contra las que se encuentran en roposo. La carne machucada de los peces muertos durante un terremoto confirma esta explicación.

Los japoneses designan con el nombre de *tsunamis* a la onda marina propiamente dicha provocada por la sacudida submarina y ese término ha pasado al vocabulario científico universal. En las costas, el tsunamis se manifiesta, a veces, como un retroceso del agua seguido de un avance impetuoso, como una ola gigantesca que rebasa los límites ordinarios del mar.

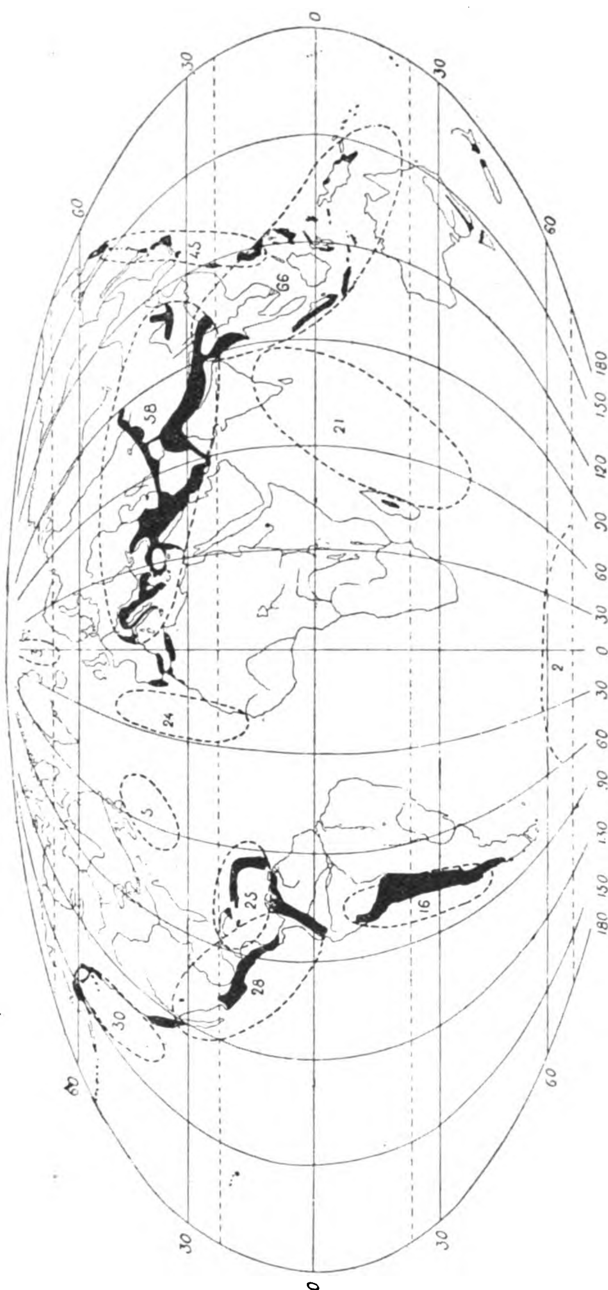


Fig. 132. — ***Distribución geográfica de los terremotos.***

(De H. Natural Gallach).

Un espectáculo análogo, aunque mucho menos intenso ofreció — a estar a lo que dicen los diarios, el maremoto que azotó las costas de Montevideo en Enero de 1884. Las aguas del Plata experimentaron primero una gran bajante, retirándose a cerca de 100 metros de su orilla habitual. Luego, una ola inusitada por la rapidez y la altura invadió no sólo la parte que había quedado en seco, sino también las costas bajas. Después volvió a retirarse el agua y luego de algunos minutos volvió a su nivel ordinario. Las personas que en esos momentos se bañaban en las playas estuvieron en serio peligro de muerte, por más de que, los testigos más serenos aseguraban que la primera ola sólo tendría un metro y medio de altura.

Durante el maremoto de Concepción (Chile) de 1835, el mar se retiró de la costa durante 30 minutos y luego retornó con una onda de 6 a 7 metros de altura, manteniendo el mar muy agitado durante 3 días. El maremoto del Perú, de 1746 ofreció todavía un espectáculo aún más desvastador, pues al volver la onda, la costa del Callao se transformó en un golfo, algunos barcos fueron echados a pique y una fragata fué llevada hacia tierra, a larga distancia de la costa primitiva, donde quedó en seco y fué imposible botarla de nuevo al mar.

En algunos casos, el retroceso del mar ha servido para anunciar un terremoto en la costa. Tal fué el terremoto de Calabria en 1783, porque, a decir de Vicenzo, «habiendo visto pocas horas antes de producirse el ruinoso terremoto, retroceder el mar de su orilla, todos fugaron de las casas.»

Los maremotos suelen constituir verdaderas catástrofes. En el Japón los tsunamis han hecho desaparecer islas enteras con muchos miles de habitantes y acaso el llamado Diluvio Universal, no fué más que un maremoto sentido en el Golfo Pérsico como lo atestiguaría la marcha atribuída al arca de Noé, en dirección al norte, vale decir, en sentido contrario a la dirección de la pendiente de las aguas pluviales [*141* p. 1 y sig.].

Distribución geográfica de los terremotos. — La comparación, en grandes rasgos, de los mapas de los temblores de Tierra y de los volcanes hizo creer a los primeros observadores que ambos fenómenos eran inseparables, o dicho de otro modo, que las zonas de conmoción sísmica eran las mismas que las de erupciones volcánicas. Daba lugar a esta idea la evidente coincidencia de las líneas generales de ambas clases de mapas; pero a poco que se entró al análisis de los detalles se pudo ver que no sólo podían existir volcanes en zonas de ninguna sismicidad, sino que existen regiones fuertemente conmovidas que nunca han visto explotar un volcán. En Chile, por ejemplo — ha hecho observar de Montessus de Ballore — los lugares más expuestos a temblores de tierra no coinciden con los lugares volcánicos. Ni el temblor de Valparaiso de 1906, ni el de California ni el de Buenaventura dieron origen a erupciones volcánicas ni tampoco la explosión del Mont Pelee dió lugar a temblores de tierra. «La corteza terrestre — dice el mismo autor — tiembla igualmente y casi únicamente a lo largo de dos estrechas zonas tendidas en dos círculos que se interceptan en un ángulo de 67°».

Estas zonas son:

1º *El anillo alpino - caucásico - himalayense,* donde se producen, según la estadística el 53.54 % de los temblores;
2º *El anillo circumpacífico,* en la línea andi-japonesa - malaya, donde se registran el 42 % de los sismos.

Ambos anillos coinciden con las cordilleras más recientes del globo y de ahí que a estar a la autorizada opinión del mismo geólogo «los temblores de tierra son el producto de recientes dislocaciones originadas en la era terciaria por la erección de las grandes cadenas de montañas.»

Ambos círculos se cortarían en dos puntos: en Centro - América y en las Islas de la Sonda: allí están, en efecto, las zonas del globo más frecuentemente sacudidas por los terremotos.

La sismicidad de un país puede clasificarse según su frecuencia y según su intensidad. Ambos factores deberán tenerse en cuenta porque la geología nos enseña que países de mucha frecuencia pueden ser sólo conmovidos débilmente, mientras que los que sólo son sacudidos a grandes intervalos pueden ser teatro de verdaderas catástrofes. País sísmico es, pues, el sacudido o con frecuencia o con intensidad. *Penesísmico,* aquel donde los terremotos son regularmente frecuentes o intensos y *asísmicos,* los que sólo tienen temblores muy escasos y poco intensos. El Uruguay es un buen ejemplo de estos.

Causas de los sismos. — Las nuevas vistas de la moderna sismología tienden a explicar el origen de los sismos de un modo bastante distinto de lo que lo hacían los geólogos de algunos años atrás. Mientras éstos se esforzaban por explicar todas las vibraciones del suelo por una misma causa, los sismólogos de ahora han visto que pueden ser diversas las causas de las conmociones y aún cuando, en muchos casos, no es posible hacer clasificaciones sin graves dudas, cabe agrupar los sismos en los siguientes grupos: sismos tectónicos u orogénicos; sismos volcánicos y sismos criptogénicos.

I. SISMOS TECTÓNICOS [1], OROGÉNICOS O TELÚRICOS [2]. — Tienen por origen los fenómenos de adaptación de la corteza al globo y se pueden, a su vez dividir en cuatro categorías:

1º *Terremotos de dislocación* son, como lo dice su nombre, provocados por las dislocaciones de la corteza ocurridas a merced de una falla. Se caracterizan, sobre todo, por un área epicentral alargada. (Lisboa, 1755; Liguria, 1887);

2º *Terremotos de hundimiento* son provocados por los fenómenos de

1. Según Suess.
2. Según A. Stoppani "Corso de Geología 3ª ed." Milán 1900 p. 595.

erosión subterráneos, provocados por las aguas circulantes a altas temperaturas aciduladas por diversos componentes químicos. Cuando las galerías adquieren una gran amplitud y no pueden sostener el peso de la montaña que tienen encima, se produce el hundimiento. Tales son la mayor parte de los terremotos que ocurren en los países calcáreos o arcillosos. (Terremotos del Ecuador, de Karsbald (Bohemia), etc. Tienen un epicentro muy restringido.

3º *Terremotos de deslizamiento.* — Ocurren por el resbalamiento de las capas geológicas unas sobre otras y generalmente se deben a la infiltración del agua pluvial o la obra de la erosión subterránea. Por esta misma causa el hipocentro es poco profundo. (Kingston, 1907) y

4º *Terremotos de asentamiento o acomodación.* — Ocurren en los terrenos modernos y muy especialmente en los de origen aluvial, cuando se sobreponen a capas primarias o secundarias y luego se contraen o arrugan deslizándose sobre los terrenos sobre los cuales están posados. La característica de estos terremotos es ofrecer su máximo de intensidad en el límite de las dos categorías de terrenos. (Terremotos de la India, al pie del Himalaya).

II. TERREMOTOS VOLCÁNICOS. — Son los que deben su origen al esfuerzo del magma exterior para salir a la superficie. En general abarcan un área muy circunscripta. Hay tres categorías de terremotos volcánicos.

a) Terremoto abortivo.
b) Terremoto de explosión.
c) Terremoto de hundimiento volcánico.

Los terremotos abortivos son aquellos que traducen los movimientos provocados por el esfuerzo del material ígneo para escapar a la superficie sin lograrse abrir el conducto de salida. En un tiempo se creyó que todos los terremotos eran de esta clase. Los terremotos de explosión son los que se originan durante la explosión de un volcán, vale decir, son las trepidaciones de la explosión misma; cesada la erupción, cesa el sismo. Los terremotos de hundimiento volcánico son los que se generan, por efecto de la poca consistencia con que quedan, después de una explosión, los conjuntos de rocas en el interior de los cráteres; estos conjuntos se desmoronan y caen hacia la parte interna originando las trepidaciones. A decir de Alfano, es "un edificio en demolición."

III. LOS TERREMOTOS CRIPTOGÉNICOS, son aquellos cuyas características no bien definidas no permiten incluirlos ni entre los volcánicos ni entre los tectónicos.

LA HIDROESFERA

Los océanos y los mares

La Oceanografía. — El estudio metódico y detallado de todos los fenómenos que ocurren en el mar, constituye una nueva ciencia denominada *Oceanografía*. Según Thoulet es "la descripción razonada del océano, del mismo modo que la Geografía es la descripción razonada de los continentes de la superficie terrestre". [*147*, p. 1]. Apoyada fundamentalmente en la física y en la química, ha podido decir de ella este mismo autor que "es una encrucijada de la ciencia". [id. p. 2] pues para comprender la asombrosa armonía de los fenómenos que ocurren en las aguas del mar, es preciso buscar no sólo en la física y en la química, sino también en la Geología, en la Meteorología, en la Botánica, en la Zoología y aún mismo en las Matemáticas, los elementos básicos que explican su complicado funcionamiento.

Para estudiar con método la ciencia del mar, es necesario dividir la Oceanografía como se divide la Meteorología, en dos partes substancialmente distintas: la estática y la dinámica.

OCEANOGRAFIA ESTATICA

Nivel del mar. — Se llama *nivel del mar* al promedio que resulta de medir, durante una larga serie de años, las diversas alturas que adquiere la superficie del mar.

Para medir la altura de la superficie marina es necesario recurrir a los *mareógrafos*, mecanismos que inscriben las variaciones del nivel, pero en general, de formas muy complicadas. Más sencillo, y por eso mismo su uso se ha extendido mucho, es el *medimareámetro* del ingeniero francés Carlos Lallemand. Consiste simplemente en un tubo de bronce que se fija verticalmente a un muro o palo cualquierá, de modo que sólo quede sumergido una parte en el agua cuyo nivel se va a determinar. En el interior de dicho tubo hay un trozo de tierra porosa que lo cierra, aparentemente, al pasaje del líquido; pero debido a la filtración que permiten los poros, el agua asciende lentamente y adquiere un nivel donde no se dejan sentir las oscilaciones o movimientos del agua exterior. Ese nivel tranquilo es el nivel medio de las oscilaciones del mar y basta entonces un sólo sondaje hecho por la parte interna del tubo, para conocer aproximadamente, el nivel medio que ha adquirido el agua durante el día.

En rigor, el nivel teórico sufre modificaciones locales que es necesario tener en cuenta para la determinación prolija del *cero* o *nivel medio del mar*. Las causas que las producen pueden ser: la marea, el viento, la salobridad y temperatura de las aguas, la presión barométrica y la atracción de las masas continentales.

Las mareas, o sean los movimientos periódicos del mar, provocadas por la posición de la Luna y del Sol, pueden, en efecto, producir desniveles de 15 metros (Bahía San Miguel y Bahía de Fundy). Estos desniveles varían de un día a otro, y en rigor no puede obtenerse un valor medio exacto hasta después de 18 años de observaciones.

Los vientos determinan también grandes alteraciones del nivel del mar, pues impulsan las aguas y las retiran o acumulan según su dirección e intensidad. Los vientos alisios, revisten, en cuanto a esta causa, una gran importancia. Ella es, por lo demás, muy notable en las bahías, donde debido a la configuración de la costa, los desniveles son todavía más notables. Mientras la marea astronómica sólo altera el nivel del Río de la Plata en m. 0.50, los vientos del S. E. lo elevan a veces, a 4 mts. (temporales extraordinarios) en tanto que las aguas descienden en la costa uruguaya cuando soplan vientos del Norte.

La salobridad actúa como los líquidos de distinta densidad en el experimento de los vasos comunicantes. A mayor cantidad de sales en disolución, corresponde un menor nivel del mar. Este se ve muy claramente en el Mediterráneo mar muy salado, con respecto al Atlántico. Debido a ello, las aguas del océano equilibran la gran superficie de evaporación del citado mar, no compensada por el tributo de los ríos que recibe.

Las presiones barométricas hacen subir o bajar el nivel del mar, pero de un modo poco intenso. La corriente del Gulf Stream cambia de velocidad al salir del Estrecho de la Florida, según las presiones existentes sobre el Atlántico y el Golfo de México.

Por último la *atracción de las masas continentales* han sido citadas como causas de desnivel, pero cabe advertir que «la mayor acumulación de aguas sobre las costas, depende en gran parte de la aceptación o del rechazo de hipótesis acerca de las cuales la ciencia no ha dado todavía la última palabra».

Se comprende, pues, que en teoría, la superficie del océano es la de un elipsoide de revolución aplastado en los polos, pero no debe interpretarse como que esta superficie sea la intersección con las orillas del mar, desde que la amplitud vertical de las oscilaciones ordinarias o sobrepasan o no llegan al nivel medio.

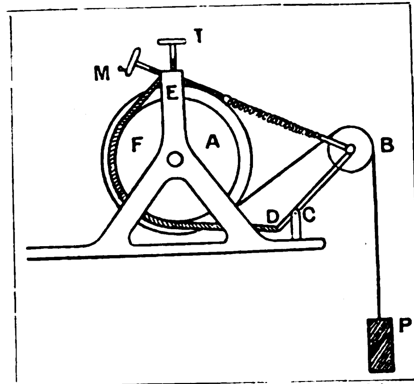
Cómo se hace para sondar el mar. — El *abismo insondable* de los poetas, no pasa de ser una frase. Todo el océano es sondable y en ningún lado sobrepasa mucho en profundidad las medidas que en los continentes se asignan a las montañas más altas. Otra idea es la de creer que las regiones más hondas debieran estar en el centro de los mares. Hoy se sabe, en efecto, que las partes más profundas están, por el contrario, cerca de los continentes bordeados de grandes elevaciones.

La operación de medir las profundidades del mar es relativamente sencilla cuando sólo se trata de conocer la situación de un lecho no muy hondo. Todo se limita a tirar, atada a una cuerda donde se han hecho nudos equidistantes, una plomada, la cual, al tocar fondo cesa de mantener a éste en tensión. Luego contando los nudos (que generalmente están distantes una *braza* uno de otro) se tiene el valor de la profundidad en *brazas*. Pero cuando se trata de medir profundidades mayores, el problema se hace más difícil: generalmente el operador no llega a notar con certeza el momento en que la pesa llega al lecho y a esto se debió errores muy grandes durante las primeras expediciones oceanográficas [1].

1. A este respecto se recuerda que Denham y Parker, sondaron, el año 1852 el Océano Atlántico y hallaron entre los 35 y 37º N., profundidades de 14.000 y 15.000 metros, cifras consideradas ahora absurdas. Es que la plomada, después de tocar fondo, era arrastrada por las corrientes como lo probó el hecho de que años después, el "Challenger" sondó en el mismo sitio y halló sólo de 4.400 a 5.300 metros.

Este inconveniente fué, en parte, salvado por Brooken quien inventó la llamada *Sonda de pesos perdidos*. Se trata en esencia de una esfera pesada que, al tocar tierra se desprende de la cuerda al extremo de la cual va sujeta, de modo que el operador se percata de inmediato por disminución de la tirantez, de que el aparato ha llegado al fin del viaje. Pero la sonda de Brooken tampoco sirve para las grandes profundidades.

A los primeros experimentadores les pareció que para llegar a capas muy profundas sólo se necesitaba desarrollar más cuerda, pero bien pronto echaron de ver que la pesa no llegaba a fondo. La física demuestra que la *caída libre* de un cuerpo pesado en un medio resistente, como el agua, es proporcional a la raíz cuadrada de la intensidad de la pesantez y está en razón inversa de un coeficiente que depende de la forma del cuerpo descendente y de la naturaleza del líquido. Pero los cuerpos que se hacen descender para realizar un sondaje, no son libres; están atados a una cuerda y por ello, la velocidad de caída decrece rápidamente. Esto se debe, a que la *línea* de la sonda no es completamente lisa y sus rugosidades hacen resistencia en el líquido que atraviesan; ellas obran — según la feliz expresión de Berget — como pequeños frenos, cuyos efectos retardatarios se agregan unos a otros y concluyen por contrabalancear la tendencia de la pesa a caer al fondo. Quiso anularse esta resistencia, aumentando considerablemente el peso de la plomada, pero entonces se presentó el caso de que la cuerda no resistía. El dilema era éste: si se ponía poco peso, la cuerda no descendía al fondo; si se ponía mucho, la cuerda reventaba. Tampoco podía aumentarse el grosor de la cuerda, puesto que aumentaba la fuerza arquimedeana (superficie flotante).



(De Rouch).

Fig. 133. — *Sonda de Lucas.*

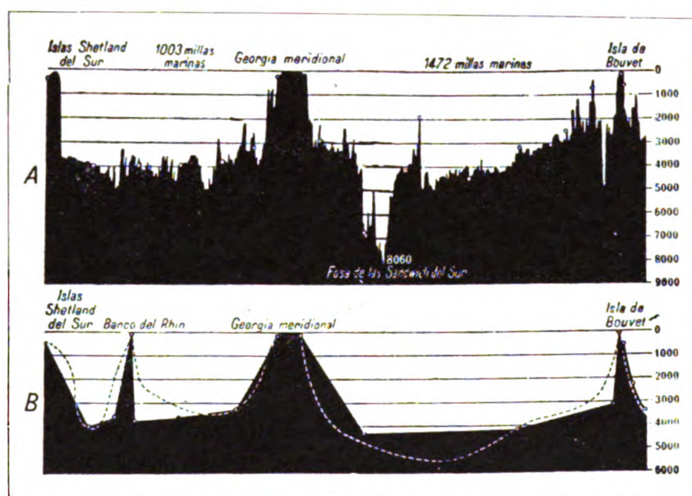
En la actualidad el problema ha sido en gran parte resuelto, utilizando un cable formado por varios hilos delgados de acero (de los llamados *cuerda de piano*) de poco peso y escasa superficie flotante, como también de poco cuerpo para la acción desviadora de las corrientes laterales. Basta, con este cable, sólo un peso de 60 kilos para lograr las mayores profundidades. Esto no obstante, la operación es delicada. Por la gran longitud del cable y los golpes de mar, se corre el riesgo de una ruptura. El desenvolvimiento del cable debe ser perfecto y por esto hay que hacer los sondajes profundos a máquina. Hay diferentes sistemas de máquinas de sondar directamente las grandes profundidades, pero casi todas están basadas en los mismos principios físicos (Lucas, Berget, Príncipe de Mónaco, etc.).

La sonda de Lucas para pequeñas y medianas profundidades, se compone (fig. 133) de dos soportes de hierro fundido E, entre los cuales hay un eje sobre los que está montado un tambor FA, donde se arrolla el cable metálico. En la parte anterior de los mencionados soportes oscila un balancín, en la extremidad del cual está la

polea métrica B, cuyo número de vueltas es registrada por un contador. La otra extremidad del balancín, es solicitada por un resorte, que se puede tender a voluntad con la ayuda de la tuerca M. Cuando se cuelga el peso de la sonda, éste hace flexionar el resorte: el balancín baja, el contador es engranado y se puede dejar el hilo desarrollarse hacia el mar. Cuando el peso toca el fondo, el hilo se aliviana, el resorte atrae el balancín, cuya extremidad se vuelve a levantar.

Para las grandes profundidades el dispositivo es el mismo, pero lleva un motorcito para desenvolver regularmente el cable.

Modernamente se ha tratado de suplir los sondeos directos por los llamados "sondeos indirectos" entre los cuales hay dos sistemas principales: el *sondeo por la presión* y el *sondeo por el sonido*. El primero de estos sistemas se debe a Thomson y está basado en el hecho de que la presión sufrida por un cuerpo sumergido, no depende sino de la distancia vertical que separa al cuerpo de la superficie del líquido. En el mar, la presión aumenta una atmósfera cada 10 m. 05 que se desciende. El mecanismo referido consiste en introducir un tubo abierto por debajo y lleno de aire. A medida que la profundidad aumenta, el agua sube cada vez más y comprime el aire contenido. El interior del tubo está cubierto de una substancia que cambia de color cuando el agua la moja. Basta entonces, cuando se remonta el tubo, leer el punto donde comienza el cambio de color, para conocer la profundidad a que ha llegado. Este sistema de sondeo tiene la ventaja de que puede hacerse sin detener la marcha del buque.



(De G. Schott.)

FIG. 134.—*A. Perfil del Atlántico tomado con sonda acústica. B. El mismo perfil tomado por el procedimiento ordinario.*

En 1922 el ingeniero ruso Chilowski, ha perfeccionado el sistema ya propuesto por Arago en 1830, para obtener la profundidad por el sonido. El principio de Arago estaba basado en que el sonido que se produce en la superficie del agua llega al fondo del mar y es reflejado a la superficie. Conociéndose el tiempo que tarda el sonido en recorrer una porción del agua (1.500 mts. por segundo, para la densidad media del

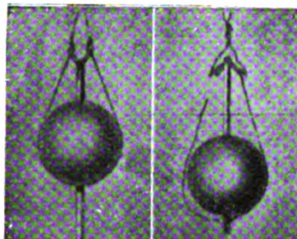


FIG. 135. — *PRINCIPIO DE LA SONDA DE BROOKE.—Cuando el tubo toca el fondo, se llena del material de éste; al mismo tiempo, la disminución de peso desprende el hilo que mantenía la esfera colgada.*



FIG. 136. — *UN SONDAJE. — Un sondaje hecho en el Golfo de Gascuña por medio de la máquina de sondar del profesor Alfonso Berget.—Momento de descender los aparatos reversibles para tomar la temperatura.*

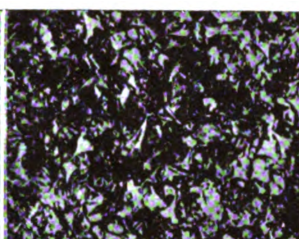


FIG. 137. — *MUESTRA DEL FONDO DEL MAR.—Barro de pterópodos, obtenido en las inmediaciones de las Islas Canarias. (Fotgs. reproducidos de "La Mer" de G. Clerc Rampal.* — Larousse, ed.).

mar de 1.028) se puede calcular la profundidad a que se halla el fondo del mar. El aparato de Chilowski tiene dispositivos para recoger lo que él llama *ultra - sonido*. Mediante esta clase de máquinas para sondar se ha podido trazar en pocos días el perfil completo del fondo del Atlántico desde Gibraltar a Estados Unidos.

Al primero que se le ocurrió unir con líneas los lugares de igual profundidad *(cartas batimétricas)* fué a Buache, en 1737, pero recién después del gran viaje del "Challenger" se pudo hacer una carta donde las líneas *isobatas* revelaran la existencia de grandes cuencas oceánicas.

Aún mismo en nuestros días, el conocimiento de la topografía submarina está, puede decirse, en sus comienzos. Basta saber, en efecto, que hay zonas del mar de más de medio millón de kilómetros donde nunca se ha hecho un sondaje y que, en rigor, muchos lugares de las cartas batimétricas que representan los $^2/_3$ de la superficie oceánica sólo han recibido una plomada cada 10.000 kilómetros cuadrados. Pero la topografía submarina tiene un carácter menos violento que la continental porque las formas son casi siempre más suaves y extendidas, lo que permite suponer la continuidad de lo observado en largos lustros.

Las cartas batimétricas más completas de cuantas se hayan publicado, es la gran carta de los mares al 1:10.000.000, en 24 hojas, mandadas imprimir por el Príncipe Alberto de Mónaco.

La utilidad de esta clase de publicaciones adquiere una gran importancia para la navegación, no sólo porque junto a las costas pueden evitarse los escollos y bajíos, sino que, mediante ellas y los sondajes, el marino puede, en la oscuridad o en medio de las nieblas más densas, conocer el lugar donde se encuentra.

ZONAS DE PROFUNDIDAD DEL MAR. — Aun cuando muy incompleta la obra de revelar por la batimetría la forma real del relieve

submarino, ya ha podido la ciencia oceanográfica mostrar ciertas zonas características de las profundidades o sean los rasgos generales de la topografía del fondo del mar.

La plataforma continental. — Saliendo de la costa e internándose en el mar, el fondo submarino desciende lentamente hasta alcanzar una profundidad de 200 metros, límite de lo que se llama *plataforma* o *zócalo continental.* Este límite de 200 metros es, simplemente, un término medio. En muchos lugares la profundidad es mayor (Nansen sondó 400 metros sobre la plataforma, en el Mar de Noruega) mientras que en otros es sólo de 80 y aún menos. Algo análogo puede decirse en cuanto a su amplitud, muy distinta según el lugar que se considere. Así, es muy angosta, hasta el punto de que casi no existe, alrededor de Africa y en las costas occidentales de América del Sur; regular en el E. de América del Norte y muy amplia al N. de este último continente, O. de Europa Central, N. de Europa y N. y E. de Asia.

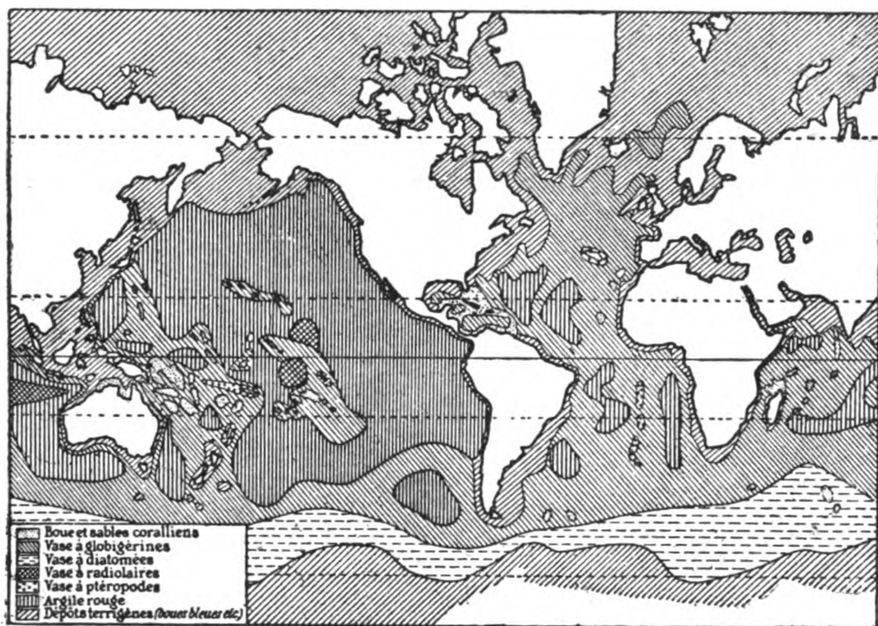
En general, la plataforma es tanto más amplia cuanto más suave es el descenso continental hacia el mar, o dicho de otro modo, hay una razón inversa entre las alturas continentales y el desarrollo de la plataforma.

En virtud de esto, el descenso gradualmente escalonado de la Patagonia hacia el Atlántico del Sur, origina la gran amplitud del zócalo que sustenta las Islas Malvinas, mientras que las rápidas pendientes occidentales de la Cordillera de los Andes ven hundirse casi a sus pies, frente al Perú y Chile Septentrional zonas de 3.500 metros y hondanadas de 5 y 6.000.

El examen de una carta batimétrica nos revela, además, que gran parte de los accidentes continentales se continúan por la plataforma submarina: así las cuencas de los ríos, (Congo, Duero, Tajo, etc.) continúan en el lecho submarino y la formación típica de los fiordos de Noruega aparecen también claramente en la topografía del zócalo.

Constitución geológica de la plataforma continental. — Los estudios que han podido hacerse con las muestras del barro submarino, permiten ya clasificar dichos fondos, o por mejor decir, establecer la distribución geográfica de la litología del mar.

La plataforma continental o zócalo, está constituída, según la clasificación de Murray - Renard, por un lodo llamado *terrígeno*, vale decir, procedente de la tierra. La acción de las olas sobre las costas es de una constante destrucción. Los trozos pequeños de piedra obran sobre ellas a impulsos de la ola, como una verdadera metralla. De este modo, la base de las costas se socaba, forma una entrante o hueco cada vez más profundo y extenso, hasta que falta de sostén la parte superior se desploma hacia el mar, dando lugar a rocas y piedras más o menos gran-



(Dib. de La Mer).

Fig. 138. — *Distribución geológica de los fondos marinos.*

des. Sometidas, estas mismas a los embates del mar, se fraccionan y forman trozos más pequeños que chocan, a su vez, unas contra otras y se trituran originando los *guijarros*. Un proceso análogo establece choques casi continuados entre estas piedras más pequeñas y por eso sus cantos y ángulos se desgastan formando dos nuevos elementos: el *canto rodado* y la *arena*, producto esta última del limaje operado. Todos estos cuerpos son arrastrados por las corrientes y van quedando dispuestos en el fondo del mar de acuerdo con sus densidades, en razón de que los menos pesados son más fáciles de transportar por las correntadas. Las arenas gruesas, las arenas finas y el barro, son llamados en conjunto, *depósitos litorales*, y no son sólo ellos los que constituyen la plataforma. La zona del mar comprendida dentro de sus límites, es, por excelencia, la *zona más activa de la vida del mar*, en virtud de la penetración de la luz y de los vegetales con clorofila que la pueblan: abundan así los residuos orgánicos de toda clase, caparazones de moluscos, elementos calcáreos de origen coralífero y, además, muchos detritus arrojados al mar por los ríos.

Los elementos últimamente enumerados, muy tenues, permanecen bastante tiempo en suspensión y son llevados a gran distancia de la

costa [1]. Al caer al fondo constituyen un lodo que se derrama después por las pendientes del talud inmediato.

INFLUENCIA DE LA PLATAFORMA EN LA VIDA. — La porción de agua situada sobre la Plataforma Continental es la de mayor actividad biológica y vegetal de los mares. Los rayos luminosos del sol penetran hasta sus máximas profundidades y permiten el desarrollo — sobre todo hasta los 30 o 40 metros — de vegetales con clorofila, medio necesario para los animales herbívoros. La agitación del agua superficial por los oleajes, repercute hasta en los lugares más profundos del zócalo; la salobridad varía según la zona geográfica y la presencia o ausencia de desembocaduras de ríos y si a esto se agregan los cambios frecuentes de temperaturas provocados por la gran movilidad del elemento líquido, se tiene la explicación de la complejidad del ambiente, tan apto para las manifestaciones más variadas de la vida del mar. Junto a las costas viven los animales no adaptados completamente al medio marítimo, como ser las focas y morsas, necesitadas de salir a tierra donde se arrastran por medio de sus aletas natatorias, de igual modo que el pingüino de los mares fríos se sirve de sus alas para moverse en el mar. En los lugares más embatidos por el oleaje y el balanceo de las mareas, los animales de tejidos débiles, están imposibilitados de vivir. Sólo pueden hacerlo allí, aquellos dotados de caparazones fuertes y de órganos destinados a asirlos vigorosamente a las rocas *(moluscos y crustáceos)*. Algunas especies se entierran en el barro para sustraerse del movimiento agitado del mar *(anélidos)*. Donde las costas no son tan violentamente azotadas, crecen las algas, las cuales toman diferentes formas y proporciones, para resistir el oleaje. Algunas son microscópicas y forman al medio. "La multitud de seres vivos que pueblan los mares — dice Joubin — se compone de dos grandes categorías: los que comen y los que son comidos, pero observándose que, tarde o temprano, los primeros acaban por pasar al compartimento de los segundos, como sucede en todas partes" [*74*, p. 132] [2].

---

1. Esto no obstante hay que observar con J. Rouch, que la depositación en las aguas del mar se hace en quince veces menos tiempo que en el agua dulce. [**133**, página 80].

2. **Cómo se alimentan algunos peces.** — "Si todos los animales no tuvieran para alimentarse más recurso que devorar a sus semejantes, tiempo ha que el último cazador hubiera muerto de inanición. La previsora naturaleza ha satisfecho esta necesidad, creando en el mar inmensa cantidad de vegetales microscópicos o micrófitos, las algas unicelulares que, sin destruír ningún ser vivo, extraen del agua los elementos de su subsistencia. Estas plantas imperceptibles forman una inmensa pradera flotante, en la que cada brizna de hierba, extrae del agua ambiente sus elementos inorgánicos para hacer su propia materia orgánica y viviente... Pero si los animales grandes que se nutren del microplancton tuvieran que capturar uno por uno tales organismos, no tendrían tiempo de tomar los suficientes. Así como los naturalistas cogen el plancton con redes de gasa de seda, de igual modo ciertos animales están provistos de filtros naturales para plancton. Tales son los ascidios que disponen de un enrejado delante de la boca para no dejar pasar los seres muy grandes; las ostras y mejillones que se valen de las branquias para filtrar y aún mismo las ballenas cuyo orificio exofágico reducido no les permite tragar grandes presas, se valen de las barbas como filtros para capturar sólo moluscos blandos, pteropodos delicados, etc. (Según Joubin **74**, p. 133 y sig.).

En pocas palabras: luz, movilidad de las aguas, salinidad variada, restos orgánicos, plancton vegetal, crean una fauna abundante. Esta fauna marina ha tenido y tiene una enorme importancia en la vida del hombre. Hay pueblos enteros que sólo se alimentan de los productos del mar y que, por lo tanto, han debido supeditar todos los actos de su vida, a la mayor o menor abundancia de la pesca. En los pueblos pescadores, la ubicación no es un capricho. Depende de las condiciones positivas y negativas del mar para brindar alimentación abundante. Una vez elegido el sitio de la costa, el pueblo adquiere una gran estabilidad. Las faenas del mar, exigen mucha solidaridad de quienes la practican. Es una lucha perenne y colectiva, en la que radica la salvación de cada individuo, contra las brumas, los oleajes y las tempestades. Cuando un núcleo de pescadores elige un sitio de la costa para levantar sus viviendas, rara vez se traslada a otro sitio. La elección tiene una sólida base tradicional y práctica y la operación de tirar la red con buen o mal resultado, llevada a cabo por los que han precedido al pueblo, es la guía más segura. El carácter dudoso de muchas expediciones de pesca no desanima a los pescadores. Saben que es lugar bueno y que sólo causas accidentales pueden oponerse al éxito.

La plataforma, no es, sin embargo, en toda su extensión, un lugar apto para la pesca. Por ejemplo: las zonas templadas y frías son mejores que las cálidas. En éstas, el exceso de luz ahuyenta los peces. Por esta razón en la India, país de mares muy cálidos, se pesca de noche; en los mares templados y fríos, dotados de mediana o escasa luz, se pesca de día. La conservación del producto de las pesquerías es, por otra parte, muy dificultosa en los mares tórridos y acaso a esto más que otra causa, se deba la escasez de pueblos de pescadores en las regiones calientes del globo.

La plataforma, sustentando abundantes islas, favorece también la abundancia de presas marinas. Obran esas islas como verdaderos parapetos protectores contra las furias excesivas del mar y las empresas para obtener el producto son más fáciles (Colombia Británica, Noruega, Japón, etc.).

El talud continental. — El talud continental es una pendiente que va desde los 200 a 2.500 m. de profundidad. En cierto modo es una prolongación de la plataforma, pero la vida tiene en esta zona caracteres propios que la distinguen de la vida sobre el zócalo. A partir de los 200 mts., en efecto, la luz sólo penetra muy escasamente aunque se han podido impresionar placas fotográficas a profundides mucho mayores. De hecho, la luz que pueda existir no permite después de dicho límite distinguir los objetos. Esta ausencia de luz, impide la existencia de vegetales clorofilianos y por la misma causa, la vida de peces herbívoros. Por lo tanto: sobre el talud empiezan los peces carniceros.

Constitución geológica del talud continental. — Desde un punto de vista puramente litológico, el talud es una zona de derrame de los lodos

terrígenos sobrantes de la plataforma continental. Los depósitos terrígenos sobrepasan, en muchos lugares el talud y llegan hasta los 5.000 metros, vale decir, que ellos se encuentran también en plena zona pelágica.

La zona pelágica. — La zona pelágica propiamente dicha, está comprendida entre los 2.500 a 5.000. m. Tiene un fondo de pendiente suave, a fuerza de ofrecer una gran amplitud. Las condiciones físicas de las aguas de esta zona, difieren bastante de las otras zonas situadas más arriba. Reina en ella una oscuridad absoluta; las corrientes se han hecho muy lentas; las temperaturas muy frías y las presiones muy grandes.

Constitución geológica de la zona pelágica. — Los depósitos de barro pelágico pueden dividirse en dos clases: lodos calcáreos y lodos silíceos. Todos se encuentran a 200 o 300 kms. de la costa.

LODOS CALCÁREOS. — Los depósitos de lodos calcáreos son:

1º *Lodos de globigcrinos.* — Empiezan en el talud continental, a 500 metros y terminan a 3.500 de profundidad. Son el resultado de la acumulación, sobre el fondo, del envolvente de los foraminíferos del tipo globigerina y otros que en los grandes océanos viven cerca de la superficie, en los lugares de mayores temperaturas. Cabe hacer notar que, en los mares cerrados y en los fríos, no existe lodo de esta clase.

2º *Lodo de pterópodos.* — Se caracteriza por la presencia de restos de pterópodos. Es de naturaleza todavía más calcárea, más fino y más soluble que el precedente. También se encuentra en menores extensiones que aquél, pues se disuelven antes de los 3.000.

LODOS SILÍCEOS. — Comprenden, a su vez, dos clases de lodos.

a) El lodo de radiolarios, caracterizado por la presencia de organismos revestidos por una capa silícea, de una extraordinaria simetría, y de cuya delicadeza de formas solo pueden dar una idea las fotografías. Se recoge a diversas profundidades, pero en grandes extensiones. Abundan entre los 4.000 y 8.000 metros. En el Atlántico, mar de poca profundidad no hay lodo de radiolarios.

b) El lodo de diatomeas, propio de las aguas frías de las regiones circumpolares, está compuesto de algas tan pequeñas que sólo se les puede distinguir con el microscopio. Tienen la forma de una caja con cubierta de ópalo o sílice hidratada, ornadas de estrías muy hermosas. Esta sílice la extraen del agua de mar o mejor, como dice Thoulet, de la arcilla en estado coloidal disuelta. "Después de la muerte de las diatomeas, cuyo protoplasma sirve de alimento a los peces, a diversos animales y en particular, a los más enormes de todos, a las ballenas, sus caparazones caen al fondo y lo recubren de una capa mineralizada. Esta acción se realiza en todo el Océano, cuyas aguas se coloran de verde pálido, especialmente alrededor del continente antártico, donde los lodos de diatomeas forman un verdadero cinturón que, más allá de los depósitos terrígenos se extiende alrededor del polo en un ancho de 15 a 20º hasta los 40º de latitud". [*145*, p. 67].

El lodo silíceo está a profundidades entre 4.000 a 8.000 metros, aún allí donde no se hallan lodos calcáreos. Esto se explica porque las caparazones calcáreas se trituran y disuelven con más facilidad que los silíceos.

La zona abisal. — Cuando la profundidad pasa de 5.000 metros,

se penetra a la *zona abisal,* que es la zona más profunda del mar. [1]. Generalmente se llega a ella pasando de la región pelágica mediante cortaduras muy rápidas.

Es de escasa anchura.

Constitución geológica del fondo abisal. — El fondo abisal está ocupado por arcillas rojas, muy abundantes, en las zonas profundas, hasta el punto de cubrir el 40 % del lecho océanico. Para algunos autores, como Thoulet, su origen debe buscarse en los propios sedimentos correspondientes a las otras zonas, pero con la diferencia de que han cumplido totalmente su evolución química; en tanto que otros, como Murray, atribuyen su presencia a la descomposición de las rocas del lecho. Las arcillas rojas se encuentran muy mezcladas con elementos de origen metálico, restos de cetáceos como ser dientes, cajas timpánicas, etc. El conjunto de las condiciones que allí reinan «la calma ambiente — dice Thoulet — son eminentemente propias para hacer de los abismos el dominio de la química con todo su cortejo de transformaciones y de la física con sus disoluciones... [*145,* p. 74].

La vida en las grandes profundidades. — Los animales de las grandes profundidades marinas viven en un medio bastante distinto de los animales litorales:

1º Los que viven después de los 500 metros sólo reciben un poco de luz solar; después de los 1.200, no reciben nada. 2º Viven en agua fría, de temperatura constante. A partir de los 5.000 metros, esta temperatura oscila alrededor de 0º - 3º. La calma es absoluta; la marcha de las corrientes abisales es tan lenta que no perturba absolutamente el medio. 4º Los animales deben estar organizados para soportar presiones de 500 y 600 atmósferas. 5º No hay plantas; los animales tienen que comer a los otros animales, sus restos después de muertos o cazarlos en medio de la oscuridad.

Al comienzo de las exploraciones oceanográficas se creyó — deduciendo de algunos ejemplares extraídos de las grandes profundidades — que los animales organizados para vivir en la oscuridad del mar, no tenían ojos. Hay especies que, efectivamente, carecen de ojos, que viven en la región pelágica y se arrastran por los fondos hundidos en el barro [2], pero, por el contrario, hay otros, que tienen un extraordinario desarrollo visual. En la zona pelágica, allí donde no llega la luz solar, los peces tienen, en efecto ojos muy desarrollados. Parece que existiera una relación inversa entre la cantidad de luz y el tamaño del aparato

1. Conviene advertir que algunos autores consideran que la zona abisal comienza después de los 1.000 metros.

2. En muchas especies se compensa esta hipertrofia visual con el desarrollo del tacto, para lo cual están dotadas de antenas sensibles, pelos y púas que funcionan a decir de Joubin, como el palo del ciego.

visual. Pero cosa curiosa: en zonas más profundas todavía, cuando al decir de los físicos que han estudiado las características de esas regiones, la luz ultravioleta casi ha desaparecido, los ojos comienzan a achicarse y sólo vuelven a adquirir el tamaño natural, en los lugares próximos al fondo. Esto ha hecho sospechar a los naturalistas que allí existe una luz artificial, quizá emitida por microbios luminosos. En muchos ejemplares pelágicos, los ojos no son esféricos, sino que tienen forma cilíndrica. A esto llaman los oceanógrafos ojos telescópicos, porque se parecen a un telescopio en su disposición y con ellos la visión sólo puede hacerse en línea recta, o lo que es lo mismo, el animal no ve sino lo que tiene directamente ante los ojos.

Recuérdese que la luz solar tan pronto como penetra en las aguas del mar es descompuesta por estas, del mismo modo como un prisma descompone un haz luminoso. De esta suerte, algunas radiaciones son detenidas cerca de la superficie, pero otras sólo son absorbidas a niveles más profundos. Resulta así que, a medida que se profundiza, va siendo menor la luz y distinta la composición química de los rayos luminosos. Por lo general, se puede afirmar que, a más de 100 metros de profundidad, reina una oscuridad perfecta [1] pero advirtiendo que el concepto de la oscuridad sólo se refiere a la imposibilidad de ver por medio de la luz solar, pues existen en las profundidades marinas otras fuentes luminosas íntimamente ligadas a la naturaleza de los seres marinos. Esta noción fué sospechada en virtud de que se extrajeron animales dotados de ojos, de profundidades mayores de 1.000 metros, allí donde no pueden llegar ni aún las radiaciones ultravioletas de la luz solar. Se razonó entonces, de este modo: estos peces tienen ojos y si los tienen es para ver. Para ver se necesita luz; luego hay luz de otra clase que no es la solar, en las regiones del mar profundo.

¿De dónde procede esta luz de las profundidades? Durante las expediciones del *Travailleur* y del *Talismán*, los tripulantes eran de continuo sorprendidos, durante las operaciones de rastrilleo submarino hechas durante la noche, por las fosforescencias de mil colores que ofrecían los aparatos de pesca y los animales extraídos del fondo del

---

1. **La penetración de la luz en el mar.** — "Nuestros conocimientos acerca de la penetración de la luz en el mar han variado mucho de algunos años a esta parte, sobre todo después de los recientes trabajos de Sir John Murray. Las antiguas investigaciones de Fol en el lago de Ginebra hicieron suponer que el último límite que pueden alcanzar los rayos luminosos susceptibles de impresionar las placas fotográficas, era de 400 metros. Pero entonces no se sabía casi nada de los rayos ultravioletas y además, la sensibilidad de las placas fotográficas distaba mucho de tener la perfección actual. Desde entonces se han podido impresionar placas hasta 1.000 metros; la noción recientemente adquirida modifica los antiguos conceptos acerca de la luminosidad abisal.

El rayo solar que llega a la superficie del mar, queda privado inmediatamente de los rayos infrarrojos que no producen más efecto que elevar ligeramente la temperatura de los primeros centímetros de agua superficial. No trataremos esta noción que tiene poca importancia biológica y física. Desaparecen luego las radiaciones rojas: a 30 metros son muy débiles y a 100 metros no queda huella alguna de ellas. En cuanto al límite a que alcanzan las radiaciones anaranjadas, no sabemos gran cosa en concreto. Las amarillas, verdes y azules, parecen apagarse sucesivamente entre 400 y 700 metros y entonces intervienen las radiaciones ultravioletas que irán probablemente a más profundidad, quizá hasta 1.200 y 1.300 metros. [**74**, p. 45 y sig.].

mar. Muchos peces, cefalópodos y crustáceos están dotados de ojos que en lugar de recibir luz la producen, pero, lo común es que el órgano fotógeno, esté colocado en la piel del vientre del animal (muy rara vez en el lomo), en las patas, en las antenas, alrededor de los ojos y aún mismo dentro de la boca. Algunos peces cuyo aparato luminoso está en esta última parte, se valen de la luz para cazar pequeños animalitos con los cuales se alimentan, pues como ocurre con las mariposas, atraídas por la luz artificial, aquellos acuden a la boca tan pronto como ésta deja escapar la luminosidad.

Otro fenómeno muy extendido en la vida del mar profundo es el *mimetismo*, o sean las condiciones que tienen ciertos animales para cambiar de color, y aún tomar aspectos especiales y adaptarse al medio donde viven. El mimetismo es de mucha importancia para los animales dotados de pocos medios de defensa, pues gracias a él pueden tomar el aspecto del fondo del mar y de las plantas, o colocarse en situación de poca visibilidad. Todos han observado la coloración oscura del lomo de los peces y el plateado del vientre. Estas coloraciones le sirven de defensa, pues el vientre plateado visto desde abajo se confunde con la luz solar y el lomo oscuro, visto desde arriba, con el lecho submarino. El cambio de color por el mimetismo es tan extraordinario que se citan ejemplos de peces trasladados a recipientes de distintas coloraciones que han concluido por pasar, al cabo de un tiempo, por todos los colores referidos. A. Berget cita el caso de un pez colocado en una piscina de fondo cuadriculado en negro y blanco; que al cabo de cierta permanencia, tomaron sus escamas tal aspecto que fácilmente se confundía el pez con el fondo del recipiente.

Otros animales submarinos se valen de la expulsión de ciertas materias para ocultarse del enemigo: es el caso de la jibia, la cual expele una substancia coloreada que envuelve en tinieblas al enemigo.

En suma; desde un punto de vista biológico, la vida en las profundidades marinas puede reducirse a tres sistemas:

1º *El nectón*, formado por animales que se desplazan libremente en el propio medio donde viven. (Peces de todo tamaño y mamíferos pobladores de los mares).

Aunque la reproducción entre estos animales es realmente prodigiosa, la persecusión de que ellos son objeto tiende a una especie de equilibrio biológico que impide la superpoblación de los mares. Como es fácil comprender, la presencia del nectón está íntimamente ligada al planctón, a las corrientes marinas, a la temperatura de las aguas, etc. Cabe agregar que todas las especies abisales del nectón son carniceras, pues la ausencia de luz ha hecho desaparecer las plantas.

2º *El benthos*, formado por los animales que se hallan «fijados» al medio en que viven. Sobre todo en la plataforma litoral, el benthos es abundante. Los animales que lo constituyen están organizados de suer-

te tal que pueden adherirse fuertemente a las rocas, hundirse en el barro, etc., para resistir el embate de las olas; otras veces caminan lentamente por el lecho submarino, etc. Cuando el animal que vive en el benthos está protegido por una coraza, hay una relación directa entre el espesor de ella y la fuerza de las olas.

3º *El planctón.* — Puede ser litoral, pelágico y abisal.

El primero está dotado de un incalculable número de especies animales y vegetales: animales inferiores, larvas, huevos, plantas continentales muy divididas, etc. Un análisis realizado en aguas del Mar Báltico, dió para cada metro cúbico 130 millones de diamtomeas, 12 de titinas y 13 de peridineas.

El planctón pelágico es extraordinariamente abundante en especies; junto a la superficie abundan las peridineas; en las profundidades las diatomeas. Se ha advertido que el conjunto de esta masa viviente sufre movimientos de ascenso y de descenso periódicos: de noche se acerca a la superficie; de día, se hunde. Acaso esto se deba a la influencia de la luz *(heliotropismo)*. A 50 o 60 mts. el movimiento del planctón cesa, pero ello no impide que el planctón muerto continúe cayendo hacia las profundidades, donde queda expuesto a fenómenos mecánicos y disoluciones químicas que concluyen por disolverlo o formar una masa gelatinosa.

Fácil es darse cuenta de que el planctón vivo está expuesto a ser comido por el nectón primero y por el benthos, después, si llega a las profundidades.

El planctón abisal está formado por larvas de las especies abisales; no hay en él vegetales, pues existe ausencia de luz. Puede agregarse que en la zona abisal se produce una verdadera lluvia lenta de planctón muerto, proveniente de la superficie. [1]

Color del mar. — El agua del mar, en pequeñas cantidades, es incolora; en grandes masas se presenta el azul, pero esta coloración, frecuentemente está alterada por una cantidad de factores provenientes de su composición, temperatura, inclinación de los rayos del sol y por

1. **Los objetos caídos en las grandes profundidades,** no son, como se repite en las descripciones novelescas, sostenidos por la presión arquimedeana y, por lo tanto, no navegan entre dos aguas sino que tienden a caer al fondo. Un simple razonamiento sirve, en efecto, para convencerse de ello: término medio cada centímetro cuadrado de la superficie del mar sufre una presión, proveniente del peso de la atmósfera, de kilog. 1.033. Ahora bien: profundizando en el agua hay que agregar a esa presión atmosférica la que resulta del peso del agua que queda encima. La física nos dice, por lo demás, que el agua es casi incompresible. Amagat calculó el coeficiente de compresibilidad del agua dulce en 0.0000511 y para las soluciones salinas (como el agua de mar) algo menos. Si se supone que el agua de mar está a una temperatura de 0º y tiene una salinidad media de 35 miligramos, hay, en la superficie una densidad de 1.0286. Esta densidad se eleva, a los 1000 m. de profundidad, a 1.0326 y a los 5000 metros, a 1.0511. Quiere decir esto que en virtud de la profundidad, cada litro de agua sufre, a 5.000 metros, un aumento de 23 gramos, cifra esta última que se elevaría a 50 gramos, suponiendo una profundidad de 10.000 metros. Como se ve, este aumento de presión es escaso y de ningún modo puede imaginarse las arcas de hierro conteniendo tesoros, mantenidas entre dos aguas por efecto del aumento de la presión de las regiones profundas del océano.

animales microscópicos que en ella viven. La coloración azul no proviene — como se lee en algunas obras — del reflejo del azul del cielo, sino que le es propia. Es provocada por la absorción de los rayos rojos de la luz solar. En efecto: descomponiendo un haz de luz solar por medio de un prisma, se ve que se descompone en siete colores cuyos haces se apartan unos de otros en forma de abanico; pues bien: el haz que menos se desvía es el rojo; el que más se desvía es el violado. En virtud de ello, cuando un rayo de luz solar incide la superficie de las aguas marinas, se produce una descomposición: los rayos rojos, por ser los que menos se desvían, son los más absorbidos, mientras que los azules y violados, más desviados, se reflejan. A 50 m. el rojo desaparece, mientras que el azul subsiste aún limitando a 1/3 la luz anterior.

De esta suerte se puede afirmar que el agua del mar es tanto más azul cuanto es más transparente.

La influencia del planctón en la coloración de las aguas, explica además los diferentes tonos y coloridos que los navegantes observan en el mar, así como la que pueden ejercer los légamos y detritus continentales arrastrados hacia el litoral por los ríos y corrientes.

De Tessan, en lugares inmediatos al Perú, pudo observar que el mar adquiría de pronto una coloración aceituna obscura.

Echando la sonda, pudo constatar que una corriente había cambiado la constitución del fondo del lugar y que el nuevo elemento tenía aquella coloración. Los navegantes aseguran que el mar del Cabo de las Agujas pasa durante el día del color azul a un verde intenso, debido, sin duda, al cambio de corrientes.

La coloración roja del Mar Rojo se debe a cierta clase de algas; el Mar Amarillo tiene coloración amarillo - rojiza debido al légamo que arrastra el Hoang - ho, cuyas aguas lavan tierras impregnadas de óxido de hierro y las inmediaciones del Cabo de Hornos aparecen, según Berget [*21*, pág. 50], rayadas por amplias franjas rojas debido a miriadas de pequeños crustáceos».

Numerosas observaciones han establecido que el mar es tanto más transparente cuanto más azul es y que la presencia del planctón le vuelve verde y disminuye su transparencia. [*146*, pág. 159].

Penetración de la luz. — La transpariencia de las aguas marinas se mide fondeando un disco de 30 centímetros de diámetro pintado de blanco. Observando la profundidad en que el disco permanece a la vista, tiénese el coeficiente de transparencia. Se ha podido asimismo comprobar que el blanco es el color que se ve a mayor profundidad, en tanto que el que desaparece más pronto es el rojo.

La penetración de la luz en las aguas se mide con discos, con placas fotográficas o por métodos químicos. Gracias a estos últimos procedimientos se han obtenido nuevos resultados. Así se creía que la luz solar no penetraba sino hasta los 400 metros, en tanto que los experimentos realizados en 1912 por los tripulantes del buque «Michel Star»

permiten asegurar que los rayos ultravioletas llegan a pasar los 1.000 metros.

Fosforescencias y mar de leche. — La acumulación de miriadas de pequeños protozoarios *(noctiloco miliar, pyrocistis, medusas,* etc.) da durante el día una coloración blanquecina *(mar de leche)* que durante la noche se vuelve luminosa. De esta suerte los primeros marinos que atravesaron los mares tripicales, atribuyeron el fenómeno a causas bien distintas, como se desprende del nombre «mar de fuego» que pusieron al Indico. Cuando las aguas están tranquilas no se produce fosforescencia alguna, pero tan pronto como se agitan aparecen en lo alto de las olas luminosidades que dan al mar aspectos fantásticos.

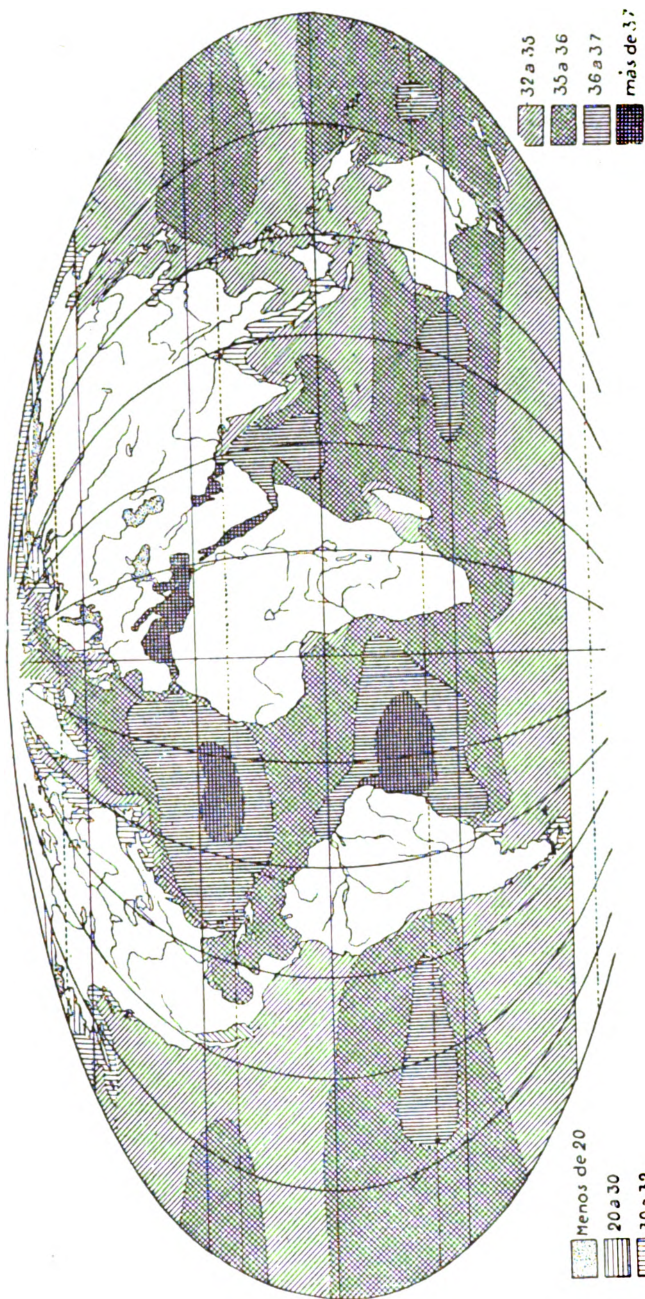
Los mares de fuego suelen ser muy extensos a pesar de la pequeñez de los animales que lo producen. Se recuerda, en efecto, que en el año 1880, un buque francés atravesó en el Océano Indico más de 1.000 kilómetros de aguas fosforescentes.

Composición del agua del mar. — Echese una gota de agua sobre una lámina de vidrio y colóquese ésta por algunos instantes, sobre una llama: de inmediato se verá evaporar la gota sin quedar rastro alguno sobre el vidrio; pero échese sobre él una gota de agua de mar y repítase la experiencia: entonces se verá que, al evaporarse, el agua marina ha dejado un residuo. Observado éste con un microscopio se pueden ver cuerpos de diferentes orígenes. Predominan las cristalizaciones y éstas corresponden a las sales.

Estas sales son, de muy variada constitución química. Se halla en mayor porcentaje el *cloruro de sodio,* es decir, la vulgar sal de cocina. En 1.000 gramos de agua de mar, hay, término medio, unos 27 gramos de cloruro de sodio. Sigue, después, en proporción, al cloruro de sodio, el *cloruro de magnesio,* que le comunica ese sabor que los poetas antiguos divulgaron llamando al mar la «onda amarga».

Pero el cloruro de magnesio no entra sino en la proporción de 3 gramos por cada mil de aguas de mar. Vienen luego, el *sulfato de magnesio* (2 grs.), el *sulfato de calcio* (1 gr.) y el *cloruro de potasio* (½ gr.)

Hay muchos otros cuerpos disueltos en el agua. Hasta podría afirmarse que están todos los cuerpos simples descubiertos por la química. Lo único que falta es que el hombre aprenda a aislarlos. Hasta ahora, en efecto, sólo ha conseguido reconocer 35, unos perfectamente dosificables, otros hallados en el organismo de los animales y plantas que pueblan los mares. Aunque parezca mentira, ciertos animalillos son mejores químicos que los hombres, pues consiguen extraer del mar productos que aquellos no han podido lograr. En esta diversidad de productos en disolución, no faltan tampoco partículas de oro y de plata. Munster calculaba que en una tonelada de agua de mar hay disueltos 6 miligramos de oro, pero esta cifra se ha elevado a 50, en los últimos tiempos. Un simple cálculo, permite (conociendo el valor aproximado de toneladas de agua que hay en los mares), decir que si se junta todo



(De H. Natural Gallach).

Fig. 139. — *Distribución de salinidad en la superficie de los océanos y de los mares.*

el oro disuelto en las aguas, a cada habitante de la tierra le correspondería un block de 46 toneladas.

¿De dónde proceden todos estos cuerpos disueltos en las aguas del mar? Basta recordar, para hallar una explicación aceptable, el origen de los océanos.

Cuando el hidrógeno y el oxígeno de la atmósfera primitiva adquirieron temperaturas inferiores a 360º *(punto crítico del agua)* cayó una lluvia hirviente que lavó todos los elementos constitutivos de la corteza. Su alta temperatura dió a las corrientes de agua así formadas un fuerte poder de disolución, y así llevaron aquéllas al océano todos los cuerpos sobre los cuales ejercían su doble acción química y mecánica. Otros opinan que el agua océanica proviene del interior de la Tierra. Las grandes presiones comprimieron en las eras primitivas los materiales internos y brotaron así, a la manera como vemos ahora en los volcanes, cantidades de hidrógeno y de sales que al unirse con el oxígeno de la atmósfera formaron el vapor de agua.

En conjunto las sales disueltas representan un término medio de 35 gramos por mil. Claro está que esta proporción no es constante. En los mares cálidos y cerrados, donde la evaporación de las aguas es muy activa, y en los cuales se vierten pocos ríos importantes, la salinidad sube algo: en el Mar Mediterráneo es de 37 al Oeste de las Baleares, de 38 en los Golfos de Sirtes, de 39 frente a Egipto y de 40 junto a la Isla de Chipre. Pero estas cifras son todavía sobrepasadas en el Mar Rojo, donde el término medio es de 40, de 45 en el Golfo de Suez y hasta de 65 en algunos puntos del Canal de este nombre.

Lo contrario pasa en los mares fríos donde se echan ríos numerosos. El más típico es el Báltico, cuyas temperaturas frías provocan escasa evaporación y recibe además las aguas dulces provenientes del derretimiento de los hielos acumulados durante el invierno en vastas regiones que le circundan. En los canales de Dinamarca, en efecto, la salinidad es de 30 por mil; frente a la Isla de Rügen es sólo de 7 y en el Golfo de Botnia apenas si alcanza a 1 gramo y ½. Todavía es más baja en el Golfo de Finlandia (0.6) donde viven animales de agua dulce. (*74*, página 26).

Por lo que respecta a los océanos, el término medio es, según se ha dicho, de 35 por mil, pero en ellos los vientos, las lluvias, las corrientes, las desembocadura de los ríos, modifican mucho estas cifras. Así, por ejemplo, parecería lógico que la mayor salinidad correspondiera al lugar más cálido y de mayor evaporación, es decir, el ecuador.

Los hechos demuestran que no es así. En esa zona geográfica la evaporación, es en efecto, muy activa, pero en cambio las lluvias son muy abundantes y los ríos muy caudalosos. Por estas razones, en el Atlántico, frente al ecuador, la salinidad es sólo de 35. Para encontrar porcentajes mayores hay que trasladarse a los trópicos, donde las lluvias son escasas y los ríos poco abundantes. Allí la proporción es casi de

38 gramos por mil. Cerca de la desembocadura de los grandes ríos, la salinidad desciende a 20 y aún más [1].

Las cifras relativas a la salinidad de las aguas superficiales son fáciles de obtener, pues todo estriba en hacer un análisis de una muestra extraída por métodos ordinarios. Pero cuando se trata de investigar las regiones profundas se presenta la dificultad de poder obtener una cantidad de líquido sin que luego se mezcle con el de las otras zonas que atraviesa en su viaje de ascenso a la superficie. Para resolver este problema, los oceanógrafos recurren a un dispositivo muy ingenioso llamado «botella». El sistema más conocido es el del Dr. Richard. Consiste en un tubo (fig. 140) de unos 300 centímetros cúbicos de capacidad, terminados por dos llaves unida una con otra por una barra de hierro. Este tubo puede girar en torno de un eje transversal colocado a un tercio del largo del tubo a partir de la base, pudiendo de esta suerte oscilar dentro de un cuadro metálico.

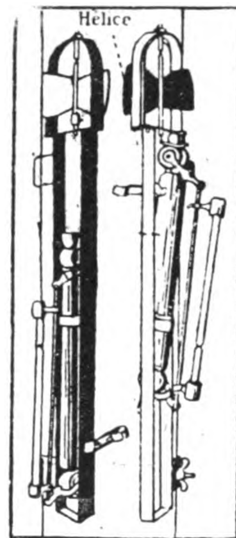


FIG. 140.—*Botella reversible del Dr. Richard.*

En la parte superior de este cuadro, hay una hélice, cuyo eje termina en un tornillo que se introduce en un capucho que mantiene la botella en posición vertical. En esta posición se arroja el instrumento a la profundidad, pues mientras él desciende la hélice se atornilla más al capucho. Pero cuando se remonta el instrumento, la hélice se mueve al revés, se desatornilla el capucho y la botella, gira sobre el eje transversal, movimiento éste que hace cerrar las llaves: el agua aprisionada así puede ser remontada a través de las diferentes capas de agua sin peligro de que se mezcle.

---

1. **Las propiedades del agua del mar** son tan extrañas, que se les debe clasificar fuera de los líquidos ordinarios.

Su dilatación no es regular y tiene su máximo a + 4º; su solidificación de nacimiento al "hielo", más lijero que el agua de la cual proviene y que al fundirse se contrae 0,09, o sea cerca de un décimo; "su calor específico", presenta, bajo la temperatura de + 35º un mínimo muy neto; su "compresibilidad" pasa por un mínimo a + 50, y comparada a la de los líquidos igualmente volátiles, no es más que la mitad de lo que debiera ser; su "viscosidad" es también muy irregular y disminuye a la mitad entre 0º y 25º cuando entre los mismos números límites de temperatura, la de otros líquidos disminuye, al menos un cuarto de su valor; en fin "sus cambios de estado", fusión y ebullición, presentan anomalías, pues la molécula de agua muy simple (H^2O) está formada de dos elementos muy volátiles y debería ser muy volátil también ella, como lo son los del hidrógeno sulfurado, de ácido sulfuroso y de ácido hipoazótico. Si el agua se comportara como los compuestos similares, debería fundirse a — 150º y entrar en ebullición a — 100º.

Todas estas propiedades extrañas hacen del líquido un elemento aparte. Consideraciones basadas en la termodinámica, lo hacen entrar, con los alcoholes, en la categoría de los líquidos anormales, haciéndolo considerar como un líquido "polimerizado", es decir, teniendo una molécula compleja, a revés de los líquidos "normales" en los cuales la molécula es simple. Así, el agua líquida sería formada por dos clases de moléculas (H^2O) m. y moléculas (H^2O) p; a cada temperatura habría un equilibrio que

La salinidad superficial no es igual a la de las aguas profundas. Por lo general, la cantidad de sal aumenta a medida que se profundiza, debido a que el agua superficial al hacerse más densa por evaporación tiende a descender. Pero este hecho tiene muchas excepciones y en ellas parece intervenir principalmente las corrientes marinas.

Schloesing atribuye cierta proporcionalidad a las sales del mar, de suerte que bastaría dosificar una de las sales para saber la cantidad existente de las otras. Este principio no es muy científico, pero sí resulta muy útil en la práctica, pues los errores que pueden cometerse por su aplicación son pequeños. Otro sistema para averiguar la salinidad del mar, estriba en medir el ángulo de refracción y más recientemente se ha propuesto valerse de la mayor o menor conductibilidad eléctrica del agua del mar: a mayor cantidad de sales, la resistencia eléctrica disminuye. (Método de Lenard). [*36*, pág. 13].

El conocimiento de la química del mar tiene una importancia grande para la interpretación de muchos fenómenos que ocurren en la hidroesfera, así como para explicarse ciertos procesos biológicos y de la vida vegetal. Para no citar más que un ejemplo, basta recordar que la variación de salinidad del mar, en pequeñas cantidades, es suficiente para provocar emigraciones de ciertos peces y aún su muerte *(estenohalinos)*.

Temperaturas oceánicas. — La enorme masa de agua que constituye los océanos y los mares no tiene una temperatura uniforme. Mientras la superficie de ella está expuesta, en efecto, directamente a los rayos del sol, las zonas profundas se hallan privadas de éstos. Además, el agua superficial misma recibe el calor del sol con intensidad diversa, dependiendo su mayor o menor valor de la zona geográfica o sea de la inclinación con que aquellos inciden el mar. Si a esto se agrega que el movimiento horizontal y vertical de las aguas, establece verdaderos intercambios térmicos que tienden a desplazar el calor del lugar donde es directamente recibido, se deduce que la temperatura de las aguas oceánicas y marinas varía según el sitio que se considere.

Cuando se trata de determinar la temperatura de las capas profundas, hay que disponer de un utilaje especial. En primer lugar los termómetros a usarse deben tener una precisión de un décimo de grado y han de reunir ciertas condiciones de resistencia para evitar que se quiebren con las grandes presiones de las profundi-

---

reglaría completamente su proporción relativa en la mezcla. Como de una manera general, la polimerización disminuye la fusibilidad y la volatabilidad, como se comprueba en la bencina (C^6H^6) polímera del acetileno (C^2H^2) se concibe que el agua polimerizada se funda y entre en ebullición a temperaturas mucho más elevadas que el líquido normal.

¿Cuál es la naturaleza de este "polímero" del agua que se forma a baja temperatura para disgregarse a las temperaturas superiores? Los químicos modernos se inclinan a suponer que ese polímero no es otra cosa que el "hielo". Esto conduce a considerar el agua formada de dos grupos de moléculas. Las unas, de constitución simple, son las moléculas del cuerpo al cual se le ha dado el nombre de "hidrol"; las otras, son las moléculas del elemento polimerizado que se llama "hielo". El agua, es, pues, una mezcla de hidrol y de hielo, o sea, una solución de hielo en hidrol. [**21**, ps. 24 y 25].

dades. Además el aparato tiene que garantizar al observador de que la temperatura recogida a cierta profundidad no sufre modificaciones al recorrer las capas de agua que están superpuestas. Esto último se ha logrado utilizando los llamados *termómetros reversibles*, cuyo mecanismo, en esencia, es el de un termómetro de médico *(termómetro clínico)* adaptado a un aparato análogo al de las botellas Richard. (Figura 141). Una hélice, H, asegura la posición normal del termómetro, mientras el aparato desciende, pero cuando se remonta aquél, dejado en libertad por la hélice, se invierte, pasando el mercurio que indicaba la temperatura a la parte superior

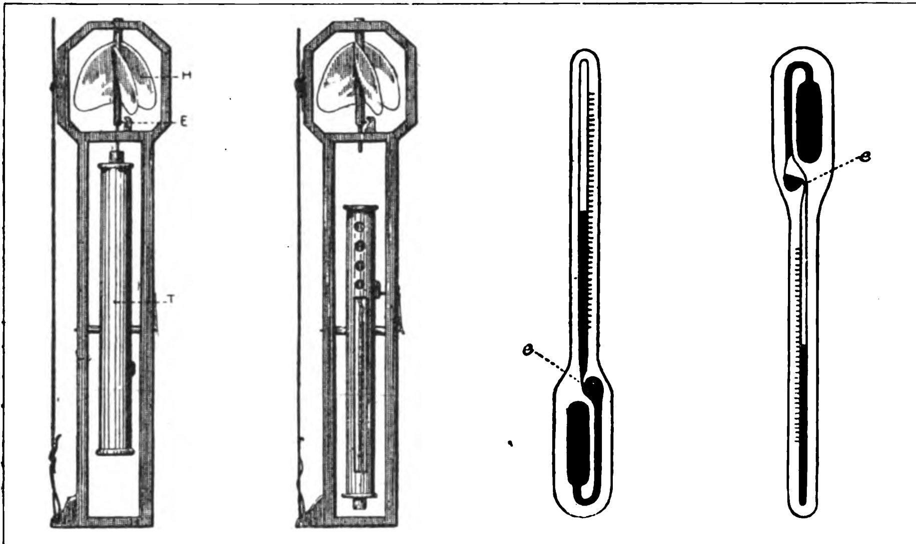


FIG. 141. — *Termómetro reversible. Posición de descenso.*

FIG. 142. — *Termómetro reversible. Posición de subida.*

FIG. 143. — *Termómetro reversible. Posición normal.*

FIG. 144. — *Termómetro reversible. Posición de remontar.*

del tubo, transformada por la inversión, en parte inferior. La lectura se hace entonces en la nueva posición y la cantidad de mercurio que queda en la columna no puede modificarse a través de las distintas temperaturas que recorra en su viaje de ascensión (Figs. 142, 143 y 144).

Temperatura de las aguas superficiales. — Dado el gran calor específico del agua, las variaciones que experimenta la temperatura superficial del mar son mucho menores que las de los continentes. Además, las épocas del máximo y del mínimo sufren un retraso que puede avaluarse en un mes aproximadamente. Así mientras el máximo de temperatura ocurre en los continentes en el mes de Enero, para el hemisferio sur, en el agua recién se registra en Febrero. Lo mismo puede decirse del mínimo: en lugar de señalarse en Julio, es alcanzado recién en Agosto.

La mala conductibilidad del calor que tiene el agua hace, por otra parte, que las diferencias de temperaturas por efectos de la inclinación del sol durante el día sólo se acusen por unos pocos décimos, mientras

que en tierra esa diferencia pueda ser de varios grados. Lo mismo ocurre con la variación anual.

Si por otra parte, se compara la temperatura media del agua con la temperatura media del aire, a distintas latitudes, pueden notarse diferencias interesantes.

Latitud	*0°*	*10°*	*20°*	*30°*	*40°*	*50°*	*60°*
Aire...........	*25°9*	*25°8*	*24°2*	*19°4*	*19°1*	*5°7*	*0°3*
Mar............	*26°3*	*25°5*	*23°0*	*19°2*	*13°9*	*7°7*	*1°2*

De estos datos se deduce que el mar en el ecuador es 0°4 más caliente que el aire, en tanto que a partir de los 10° hasta los 40°, aproximadamente, tiene menor temperatura. Después de los 40° la diferencia es notable, pues las aguas son visiblemente más calientes que el aire. Se ha de comprender, pues, la influencia de estas diferencias térmicas en la temperatura de las distintas regiones. El mar juega en todas un papel moderador, pues refresca los climas intertropicales y calienta los inmediatos a los polos.

De cualquier modo puede decirse que el *ecuador térmico* del mar no coincide con el ecuador geográfico. El primero está siempre algunos grados más al norte, porque la zona de mayor acumulación calorífica corresponde a este hemisferio. Así mientras en el Atlántico hay más de 4° de temperatura, a 60° de latitud norte, a 60° de latitud sur, solo hay algo más de 1°, como puede verse en el siguiente cuadro de Krummel:

Mares	**Hemisferio Norte**				**Hemisferio Sur**			
	70-60°	*50-40°*	*30-20°*	*10-0°*	*0-10°*	*20-30°*	*40-50°*	*60-70°*
Atlántico.....	*4°2*	*12°9*	*23°9*	*26°8*	*25°7*	*21°2*	*9°4*	*— 1°3*
Pacífico.......	»	*10°*	*23°4*	*27°2*	*26°*	*21°5*	*11°1*	*— 1°3*
Océano Índico	»	»	*26°1*	*27°8*	*27°4*	*22°5*	*8°6*	*— 1°5*

En los lugares inmediatos a los polos, el agua se encuentra más o menos congelada, ya cubriendo la superficie en masas extensas de poca profundidad, ya en forma de bloques enormes que suelen salir de su límite natural e invadir, en los rigores del invierno, las regiones de la zona templada inmediatas a la fría («Icebergs»).

El punto de congelación de las aguas está muy reducido por la sa-

linidad. El Báltico, mar poco salado (7 $^0/_{00}$) se solidifica a 0° 40 bajo cero, en tanto que en los mares donde la cantidad de sal es de 35 $^0/_{00}$, se hiela cerca de los 2° bajo cero (- 1° 91).

Los físicos que han estudiado las causas de la diferencia de temperaturas en ambos hemisferios, la atribuyen a la mayor agrupación de los continentes, las corrientes marítimas y la profundidad de los océanos.

Temperaturas de las aguas profundas. — Si practicamos un agujero profundo en la tierra y tomamos su temperatura a medida que ahondamos, se comprueba un aumento de ésta. Es lo que hemos llamado progresión geotérmica. En el mar, en cambio, los hechos ocurren al revés: a medida que se profundiza, la temperatura, por lo regular, disminuye.

Algunos oceanógrafos han tratado de explicar este fenómeno suponiendo la existencia, en el fondo de los océanos, de grandes y lentas corrientes que impiden tomar a las aguas la temperatura del lecho sobre el cual se posan.[1] Pero Thoulet, apoyado en 252 gráficas de temperaturas trazadas por el "Challenger" y sobre otras medidas posteriores, afirma que la disminución de temperatura en las profundidades, vuélvese prácticamente y poco a poco nula desde los 2.000 mts. hasta los más grandes fondos del océano. Llega, pues, a la conclusión de que, a partir de los 2.000 metros las aguas oceánicas están sustraídas a toda circulación y pueden considerarse como inmóviles. La circulación profunda no tendría, pues, lugar más que desde la superficie a los 2.000 mts.

Según sus puntos de vista, la masa oceánica se divide en dos partes bien netas: la primera en movimientos hasta los 1.000 mts.; la segunda, inmóvil hasta las más grandes profundidades, "analogía bien evidente — dice — con el océano aéreo, dividido por Teisserenc de Bort en dos capas: una constantemente agitada, otra estable *(tropoesfera y estratoesfera)*, *(Sur la circulation oceanique profonde.* — Bull. Inst. Oceanografique". Dic 1921. p. 404).

En general, las temperaturas descienden desde la superficie a los 700 o 1.000 metros con gran rapidez. Allí alcanzan alrededor de 4°. Después de los 1.000 metros, el descenso de la temperatura es lento pero muy regular: a los 2.000 el termómetro marca en el Ecuador 2 grados sobre cero y en los mares polares 2°5 bajo cero. Entre los 6.000 y 7.000 metros, alcanza un mínimo comprendido entre 0° y + 2°. En los mares cerrados los hechos ocurren de otro modo.

Hielos polares. — Al señalar las características excepcionales del agua del mar, se hacía notar el hecho, realmente notable, de que muchas de las cualidades físicas no coincidan con las del agua común. Así, por ejemplo, el agua dulce se congela a 0° pero el agua de mar sólo se solidifica cuando el termómetro ha descendido por debajo de los 2° bajo cero. Basta este dato para comprender que el lugar propio de las aguas congeladas del mar es allí donde los rayos solares calien-

1. Faye creía explicar este fenómeno por su teoría del mayor espesor de la corteza debajo del océano.



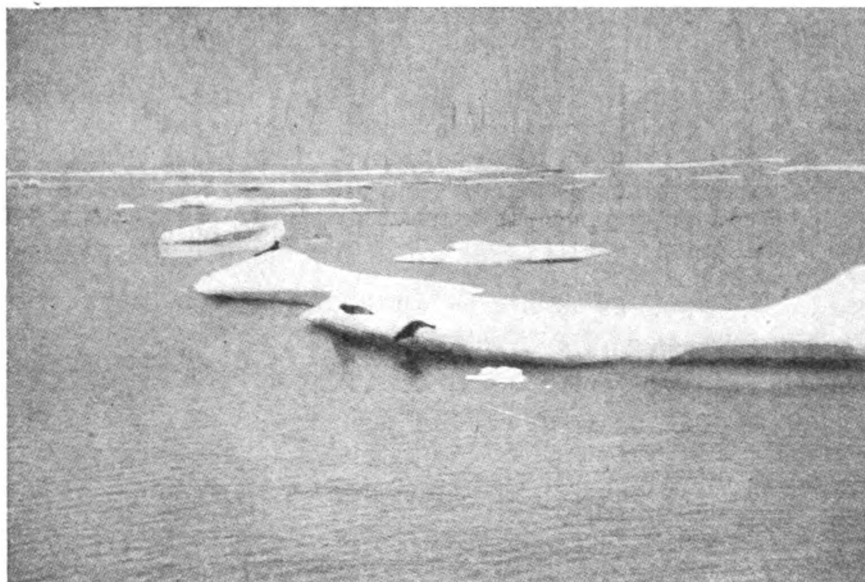
(Fot. Nordenskjold).

Fig. 145. — *UN ICEBERG, en el mar Antártico.*

tan poco, es decir, las zonas circumpolares. Esto no obstante, los hielos del mar se extienden a regiones mucho más apartadas, en plenas regiones templadas, arrastrados por las corrientes o empujados por los vientos. Son bloques pequeños o bien verdaderas montañas flotantes cuya presencia temen los marinos. En los inviernos rigurosos o prolongados los hielos árticos avanzan, en el Hemisferio Norte hasta los 40°, y hasta los 45°, es decir, a la altura de Bahía Blanca en el Atlántico del Sur. Es bien conocido el naufragio del *Titanic,* provocado por el choque con una de esas montañas flotantes llamadas *icebergs.*

"Cuando un volumen de agua de mar pasa parcialmente al estado sólido, estamos en presencia de la congelación de una disolución y mezcla de varias sales. Las sales disueltas se reparten *desigualmente* entre la porción congelada y la porción que queda líquida. La experiencia muestra que el hielo es más rico en sulfatos mientras que el agua restante se enriquece en cloruros. Esta concentración de los sulfatos en la parte sólida, mientras los cloruros se acumulan en la "salmuera" explica una particularidad observada en el curso de ciertos viajes árticos cuyos hombres, habiendo bebido agua proveniente de la fusión de los hielos del mar por no encontrarla salada, cayeron enfermos por haber absorbido disoluciones de sulfatos causantes de desarreglos intestinales. En suma: el agua del mar para su solidificación se reparte en tres porciones bien distintas: una *salmuera* líquida, conteniendo sales disueltas, *hielo* propiamente dicho; en fin compuestos sólidos que se llaman *cryohydratos*". [*21*, p. 117].

El agua del mar presenta también el fenómeno propio de muchas materias, de la sobrefusión, es decir, que pueden existir temperaturas



(Fot. O. Halldin).

FIG. 146. — *TEMPANOS FLOTANTES, cerca de la Isla de Spitzberg.*

inferiores a 2 grados bajo cero sin que se produzca la solificación, pero a condición de permanecer quieta. Si esta quietud desaparece, enseguida la solidificación comienza y el mar se cubre de cristales llamados por los marinos *flores de hielo.* Estas cristalizaciones van siendo por momentos más abundantes y entonces la superficie marina se ve aprisionada bajo un velo helado, que tiene la propiedad de hacer cesar el oleaje, pues el viento resbala sobre el hielo y no entra en contacto con el líquido. Por fin la capa es bastante sólida y se forman verdaderas masas con tendencia a soldarse: es la *banquisa* o el *palk* de los ingleses. La banquisa tiene por lo general de 2 a 3 metros de espesor y sólo excepcionalmente 6 o 7 metros como dicen algunos libros. Esto no obstante, es muy peligrosa para los navegantes, pues las naves aprisionadas por estas masas de hielo, en constante movimiento a causa de las variaciones de temperatura (se forman a 2 grados bajo cero y a veces descienden a 50) pueden triturar el casco. Estas variaciones de temperatura son las que hacen producir grandes rajaduras en los hielos que se contraen durante el invierno, rajaduras que se llenan con el agua circundante. Esta a su vez al congelarse aumenta de volumen y hace una enorme fuerza horizontal contra las paredes de la grieta. El hielo así forzado se arquea, se hunde y da lugar a una superficie irregular, con producción de grandes e imponentes ruidos que resuenan como un eco en la inmensidad helada.

En el verano, la banquisa llamada "costera" se desuelda y es llevada en témpanos *a la deriva* por las corrientes marinas.

Pero en los mares circumpolares se ven otras formaciones aún más imponentes: son los *icebergs* que ya hemos citado. Las nieves de las tierras polares se acumulan y resbalan lentamente, tranformadas en hielos hacia la orilla del mar. Forman así ventisqueros gigantescos, a veces de mil metros de espesor, ríos sólidos que buscan un desagüe. Pero la densidad del hielo que forma esos ventisqueros es sólo de 0.917 mientras que el agua del mar tiene 1.027. Los hielos tienden entonces a flotar y se quiebran en grandes trozos. Estos trozos buscan el equilibrio entre su densidad y la presión hidrostática y entonces se hunden en $^{9}/_{10}$ de su masa, de suerte, pues que sólo un décimo queda a la vista del navegante. Esto no obstante se ven icebergs de más de 100 metros de altura sobre el nivel del mar, lo cual permite calcular la enorme masa que está sumergida.[1]

El equilibrio de estas grandes masas flotantes es muy inestable. Frecuentemente la parte sumergida toca una corriente cálida y comienza un rápido derretimiento submarino: la masa cambia el centro de gravedad y se produce la *inversión del iceberg*, hecho que conmueve violentamente las aguas a gran distancia y que puede provocar el naufragio de los buques que estén en la región conmovida.

MARES Y SU CLASIFICACION

Condiciones físicas generales de los mares. — Los mares son, a decir de Martonne — «cuencas oceánicas de dimensiones limitadas y más o menos aisladas.» [*86*, pág. 394]. Esta limitación de su cuenca, establece una separación más o menos perfecta de la circulación general del océano, la cual, según se ha dicho, tiende a la uniformidad de las temperaturas y de la salinidad. *Los mares son, pues, con respecto al océano zonas de anormalidades.* Con frecuencia se deja sentir sobre ellos la influencia del clima local. Las observaciones realizadas, permiten decir, además, que, por lo general, en los mares de la zona cálida la temperatura superficial es más alta en el verano que la del océano próximo. En el invierno de los países fríos, la temperatura es, de igual modo, más baja que la temperatura oceánica. Estas anormalidades son todavía más visibles cuando se estudian las temperaturas de las capas profundas. En ellas no se cumple la disminución de la temperatura a medida que se profundiza, como en el océano y en muchos casos se presentan fenómenos de inversión térmica, cuando no ocurre, como en el Mediterráneo, una sucesión de temperaturas uniformes hasta el fondo *(homotermia)*.

1. "Icebergs de una altura de 150 mts. sobre el agua han sido señalados varias veces. El vapor "Marie", ha encontrado en 47º N. y 44 W. un icebergs de 300 mts." [J. ROUCH. "Manuel d'Oceanographie physique", pág. 210]. Los icebergs tabulares del hemisferio sur, parecen aún más altos. "En varias ocasiones se han señalado icebergs de 240 mts. El más alto icebergs visto después de 1884, es uno de 510 metros de altura, observado en Junio de 1886 por el navío "Emil - Juliers", al Sur de Africa, a los 48º de latitud." En Noviembre de 1904, el navío "Zinita" vió un iceberg de 450 mts. de altura en las inmediaciones de las Falklands [**id.** pág. 211].



(Fot. E. Shackleton).

Fig. 147. — *Las tierras antárticas permanecen cubiertas por el hielo. En el fondo se ve el Monte Erebus, con cuatro conos, uno de cuyos cráteres se hallaba en erupción al tomarse esta fotografía, como lo atestigua la columna de humo y vapor de agua.*

Los demás elementos químicos y mecánicos de los mares tienen también, por lo general anormalidades. La cantidad de sales suele ser superior a la normal de 35 $^0/_{00}$ en los mares próximos a los trópicos (Mar Rojo, Mediterráneo, etc.) y menor en los mares fríos, fenómenos estos atribuibles a la evaporación y a la alimentación fluvial. En los mares con poca comunicación con el océano, las corrientes son independientes de los de aquél; la onda de la marea no penetra en ellos y a veces se produce una marea propia de poca amplitud. En los mares del reborde continental, en comunicación más amplia, la marea oceánica penetra, pero ésta es con frecuencia retardada, deformada, neutralizada y reflejada, lo cual origina grandes irregularidades.

Atendiendo a la situación, los mares se dividen en mares de reborde y mares mediterráneos.

Caracteres generales de los mares de reborde.[1] — Esta clasificación corresponde a las cuencas oceánicas, más o menos aisladas, que están en el reborde continental y comprenden no solamente los llamados mares (Caribe, del Norte, de China, etc.) sino también los golfos (San Lorenzo, de México) y aún ciertos canales (Mar de Baffin y Mar o Canal de la Mancha).

Por su origen pueden dividirse los mares de reborde en *mares de pliegues* y *mares de transgresión.* Los primeros, que presentan grandes profundidades, son muy típicos de Asia Oriental y de la Insulindia; los segundos, cuyos fondos no descienden sino unos pocos centenares de metros (Plataforma) están particularmente al Occidente de Europa.

Cuando los mares de reborde tienen dos comunicaciones con el océano, presentando una forma alargada, se dicen que son de tipo *mancha* [Martonne Geog. Phy. 4ª ed. tomo II pág. 393]. Cuando sólo tienen comunicación por un lado ofreciendo un seno más o menos circular, reciben el calificativo de *Golfos.*

Ejemplos de «manchas» son el Mar del Norte, el Mar de la Mancha, el del Japón, etc.; ejemplos de «golfos» son el de México, el de Okotk, etcétera.

Generalmente en la profundidad de los mares de reborde de la zona cálida, se presentan grandes anomalías de la salinidad y de la temperatura. Así para valernos de los ejemplos de Martonne, citaremos dos casos bien singulares: las manchas de la Insulindia y el Golfo de México.

Los mares de reborde de la Insulindia (manchas) comunican con el Pacífico y el Indico por anchos brazos y por ello la salinidad y la temperatura son bastantes análogas a las de los océanos circunvecinos. (En el mar de China son más bien inferiores). [Martonne, *Geog. Phy.* 4ª ed. t. II pág. 396]. Esto debe atribuirse a que las corrientes ecuato-

1. Adopto este término por creer que él expresa mejor la distinción geográfica correspondiente a esta clase de mares.

riales no penetran en sus cuencas relativamente aisladas. En el Golfo de México la influencia de la corriente ecuatorial sólo se deja sentir, en efecto, en la parte oriental [íd, pág. 396]. En el Mar de Célebes y en el de China, las corrientes cambian según la dirección de los vientos monzones.

En estos mares de reborde cálidos, la disminución de la temperatura a medida que se profundiza sigue más o menos la del océano vecino hasta la altura del zócalo que lo separa, pero más abajo, la temperatura se hace uniforme en todas las profundidades *(homotermia). La homotermia,* ha dicho el mismo Martonne, [íd. pág. 307] *es la ley de los mares de reborde.*

En los mares de reborde de las zonas templadas y frías la homotermia es, por el contrario, muy rara. En ellos las anomalías de la salinidad y de la temperatura están en la superficie. Los que están próximos a las regiones frías, tienen aguas poco saladas, frías y sujetas a la congelación.

Condiciones de los mares mediterráneos. — Los mares mediterráneos no comunican con el océano sino por una abertura o estrecho. El prototipo de esta clase de mares es el Mediterráneo. El intercambio de las aguas profundas es materialmente imposible y aún el de las superficiales es siempre difícil, debiendo realizarse forzosamente por corrientes de descargas muy violentas.

Tal es la causa por la cual la temperatura de las aguas profundas del Mediterráneo es siempre uniforme. Las grandes corrientes oceánicas están eliminadas de los mares continentales, pero en cambio, se forman en ellos corrientes propias.

Tienen también mareas particulares, pero poco intensas. No obstante lo dicho más arriba, la temperatura y la salinidad de las aguas, dependen de la forma de la hoya, de la afluencia de los ríos, etc.

II.—LA HIDROSFERA

OCEANOGRAFIA DINAMICA

La Oceanografía dinámica trata de los *movimientos del mar.* A decir verdad no puede tratarse del mar en su verdadero aspecto sin entrar a estudiar su dinámica, porque la masa marina es, por esencia, movimiento.

Entre los movimientos del mar deben distinguirse tres clases fundamentales: los de *corto período,* como las ondas y las olas; los de *largo período,* como las *mareas* y los de traslación, como las corrientes.

Movimientos del mar de corto período. — Las ondas como las olas tienen por origen el frotamiento del viento contra la superficie del mar. El viento, al deslizarse sobre ésta, produce un roce, porque ni el aire ni el viento son fluídos perfectos, condición única en que podría haber deslizamiento sin roce.

La primera consecuencia de este roce es la formación de *rizos,* o pequeñas intumescencias en forma de media luna separados por valles de dimensiones siempre iguales. Si el viento arrecia, los rizos se convierten en pequeñas colinas que parecen moverse perpendicularmente a la dirección del viento. Mientras el viento no es fuerte, estas colinas son de una admirable regularidad: sus dos vertientes son iguales y decimos entonces que el mar está *ondulado.* Si el viento persiste y su intensidad aumenta, esta simetría y regularidad desaparece y las intumescencias presentan sus flancos llenos, a su vez, de ondulaciones secundarias, las vertientes dejan de ser iguales y puede advertirse que la vertiente que está *expuesta al viento* es más suave que la que está en contra del viento: se ha formado una *ola.* Una fuerza todavía mayor del viento, hace una vertiente casi vertical y en la cima parece ocurrir un desmoronamiento: es la *ola forzada.* Una ola muy forzada parece enrularse en lo alto y forma espuma: es la *ola deferlante,* propia del mal tiempo.

Como el oleaje está provocado por el roce del viento en la superficie del agua, el modo de encalmarlo, sería evitar ese roce por medio de algo que hiciera de materia aisladora: los marinos, en caso de tempestad, suelen derramar aceite en torno del buque. En los mares polares, cuando la banquisa empieza a formarse y establece una delgada capa sólida, el oleaje cesa de pronto: es que el viento resbala sobre el hielo y no roza el mar.

Cuando el viento cesa, cesa el oleaje propiamente dicho, pero queda

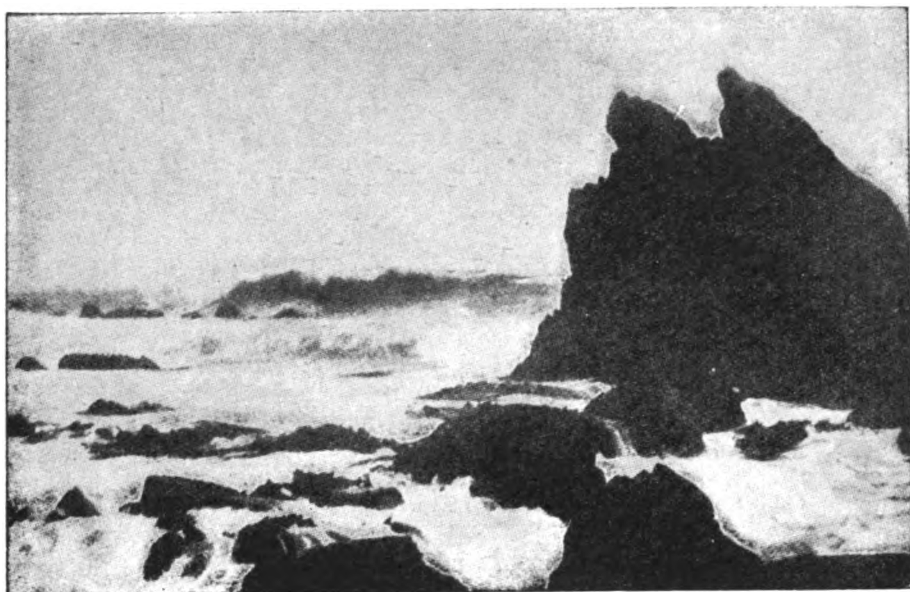


Fig. 148. — *Olas reventando en el Cabo de Hornos.*

entonces un movimiento rítmico, oscilatorio, que se llama *onda.* Una observación poco atenta hace creer que la onda se traslada como la ola y que por su mecanismo es una ola en miniatura. Veamos la causa de esta apariencia y de este error, analizando ambos fenómenos.

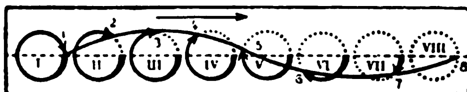
La onda. — Toda onda marina, como cualquier onda física, consta de los siguientes elementos fundamentales: 1º, la *longitud de onda,* es decir, la distancia de cima a cima o de valle a valle; 2º, la *amplitud o altura,* o sea la distancia vertical desde una cima al fondo del valle correspondiente; 3º, la *velocidad de propagación,* o la velocidad «aparente» con la cual las ondas «parecen» desplazarse y 4º, el *período,* o el tiempo que ponen en sucederse dos cimas respecto de un punto fijo.

Decimos que la velocidad de propagación es la velocidad que «aparenta», porque, en realidad, la onda no se desplaza ni transporta agua. Ocurre con ella lo que con las ondulaciones de una bandera puesta al viento: se ven correr ondas desde el mástil al extremo, pero en realidad la materia que forma la bandera está siempre en el mismo lado. Los físicos dicen, a este respecto, que se traslada el movimiento, pero no la materia. Tírese, por vía de ejemplo, un cuerpo flotante cualquiera sobre las ondas del mar. Apesar de que para nuestros sentidos las ondas se trasladan, el objeto flotante está siempre en el mismo sitio: sube y baja, en un movimiento perfectamente rítmico.

Para explicarse este fenómeno, el profesor Gerstner de la Universidad de Praga, expuso en 1804, la teoría del movimiento orbital, llama-

da después de su moderno perfeccionamiento *teoría trocoidal*, cuya ley fundamental se enuncia así: *las moléculas líquidas vibran en su sitio describiendo órbitas circulares en planos verticales.*

Consideremos una fila de moléculas alineadas según una recta (fig. 149). Cada una describe una órbita según la teoría. Estas órbitas son I, II, III,... VIII. Supongamos que una oscilación se propaga de izquierda a derecha según la flecha horizontal. Ahora bien: la molécula 8 estará todavía en reposo, cuando la molécula 7 tomada por el movimiento ondulatorio ha recorrido ya un pequeño arco. En ese momento la molécula 6 habrá descrito, sobre el círculo VI un arco más grande y aplicando con razonamiento análogo a las otras moléculas, se puede ver que la señalada con el número 1 ha descripto una órbita completa, es decir, ha vuelto a colocarse en su posición inicial. Resulta de ésto que en el valle de una ondulación las moléculas se mueven en el sentido contrario al de la propagación, mientras que en la cima lo hacen en el mismo sentido. (fig. 151).



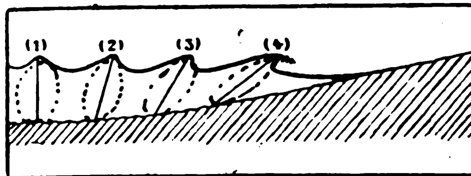
(De La Mer).

FIG. 149

Demostración del movimiento orbital de la onda.

Las olas, como las ondas están sujetas al movimiento orbital, pero éstas se diferencian de aquéllas entre otras cosas, porque *transportan* agua, si no en la proporción que aparentan, por lo menos en cantidades apreciables, sobre todo, a orillas del mar, allí donde la disminución de los fondos provoca modificaciones en la forma del movimiento orbital.

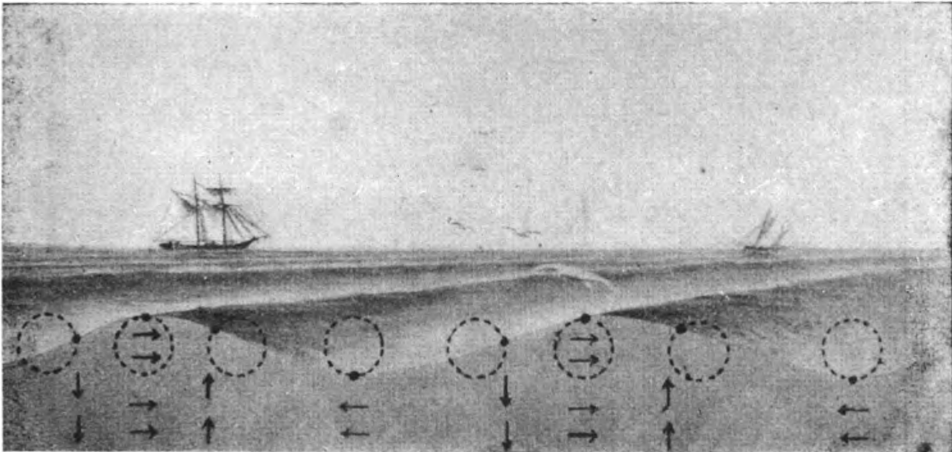
Los observadores nos enseñan, en efecto, que "los círculos orbitales se vuelven elipses, a medida que la profundidad aumenta. Las excentricidades de estas elipses crecen con la profundidad. Cerca del fondo, el pequeño eje se vuelve nulo y el gran eje se reduce a una recta; cerca de la superficie, los dos ejes son casi iguales, pero es siempre el pequeño eje el que está vertical. La influencia del fondo es manifiesta por una disminución de la velocidad de propagación y de la longitud de onda y por un aumento de la agudeza del perfil terminal de la ola. Este aumento hace al mar más *duro...*" [*21*, pág. 138].



(De La Mer).

FIG. 150. — *Teoría de la resaca.*

Todos los que han pasado a orillas del mar han podido observar los efectos de la *resaca*. La resaca producida por la disminución en plano inclinado del fondo, lo cual retarda el movimiento de traslación de la parte baja de la órbita con relación a la parte alta (fig. 150). Cuando la costa de que se trata pertenece a un mar profundo, las olas *rompen* muy cerca de la línea de la costa, quedando la resaca sobre la misma pared de ésta. Por el contrario, si la costa pertenece a un mar poco profundo, la ola construye bancos de arena, los ataca, los destruye y los vuelve a construir. En estas mismas costas de mar poco profundo,



(La Mer - Hachette).

FIG. 151. — *FORMACION DE LA ONDA. — Como se efectúa el movimiento orbital de las moléculas líquidas.*

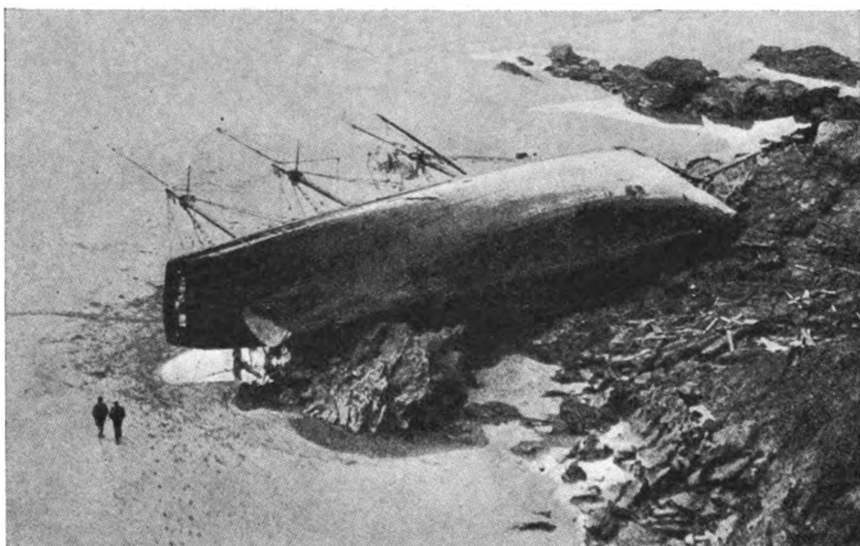
la ola revienta cerca de la orilla siempre que no haya viento, pero rompe lejos si el viento es fuerte formando lo que se llaman *las rompientes.*

LA OLA. — Las olas son movimientos cuya amplitud es muy variable. El almirante Smith calculó la altura media de las olas del Mediterráneo, en día de tempestad, de 4 a 5 ½ metros. Scoresby, en un viaje de Liverpool a Estados Unidos, pudo medir olas de más de 9 metros y algunas de 13 y en el Cabo de Buena Esperanza las hay de 15 a 25 metros, según informan algunos navegantes. Dumont d'Urville asegura que en dicho cabo soportó olas de 33 metros de altura, a cuyo fondo bajaba su barco como a un valle, pero estas cifras extraordinarias debe aceptarse con muchas reservas, pues es común que los marinos sorprendidos por las tempestades incurran en el error de apreciación de tomar la posición de la cubierta de su buque por la línea horizontal.

Al chocar las olas contra la costa ganan en altura lo que pierden en amplitud de base. Se cita el caso de un faro de Escocia de 34 metros, que desaparece entre las olas en días de tempestad y la cima de una aguja de lava, cerca del Stróboli, de 97 metros, que es lamida por el agua durante las tormentas.

La longitud de onda en las olas suele variar mucho, pero siempre es proporcional a la altura. Entre dos crestas se han medido hasta 500 metros de separación. Existe también una relación directa en la amplitud de la ola y la profundidad a que se sienten sus sacudidas.

Hasta hace pocos años se juzgaba que la ola vertical no se manifestaba sino a profundidades de la superficie menores de 50 metros. Estudios posteriores demuestran que si en verdad, de un modo visual o



(Fot. "The National Geography Society".)

FIG. 152. — *LA FUERZA DE LAS OLAS. — Después de haber luchado durante una noche con el furor de las olas, la goleta a motor «Mary Peers», fué arrojada sobre la costa de Cornuailles.*

palpable, no se siente ya a doscientos metros, los instrumentos pueden registrar conmociones a profundidades mucho mayores. Weber, que estudió el punto con mucho cuidado, dice que la acción de una ola se propaga hasta trescientas veces su altura. De este modo una de 30 centímetros es suficiente para mover el fondo del Mar del Norte.

Otros han comprobado que las olas de tempestad mueven las aguas con fuerza hasta más de 200 metros, puesto que han podido recoger en la superficie de ellas, cieno que sólo se encontraba a dicha profundidad.

Se ha calculado igualmente que la fuerza de una ola está en proporción a su largo y al cuadrado de la altura de su cresta. De este modo, si una ola de 30 metros de largo tiene doble fuerza que otra de 15, presentando ambas el mismo alto, una ola de 1 m. 50 tendrá cuatro veces la fuerza de otra de 75 centímetros, suponiendo en ambas el mismo largo.

Una ola de 80 metros de largo y tres de alto, podría, pues, arrojar a más de 800 metros de altura un cuerpo que pesara un kilogramo.

Si se tiene en cuenta que la superficie de un buque puede ser cinco mil veces mayor que la de una ola, se comprende, desde luego, la resistencia que deben calcular los ingenieros navales para evitar la destrucción de sus construcciones.

Movimientos del mar a largos períodos. — La marea. — Observando atentamente el mar desde la orilla[1] se puede advertir que el nivel fluctúa con cierta regularidad y ritmo durante el transcurso del día. Dos veces cada veinte y cuatro horas el nivel sube y dos veces baja. A un nivel primitivo sucede un levantamiento paulatino, hasta que las aguas alcanzan un máximo de altura llamado *pleamar*. El tiempo que dura el ascenso, se denomina, a su vez *flujo*. Al cabo de haber alcanzado la pleamar comienza un descenso y la duración de este descenso se conoce por *reflujo*. Al fin del *reflujo* las aguas han adquirido un nivel mínimo y entonces se dice que están en *bajamar*.

TEORIA DE NEWTON.—Newton fué el primero que dió una explicación científica de las mareas, deduciéndola de las leyes de la atracción

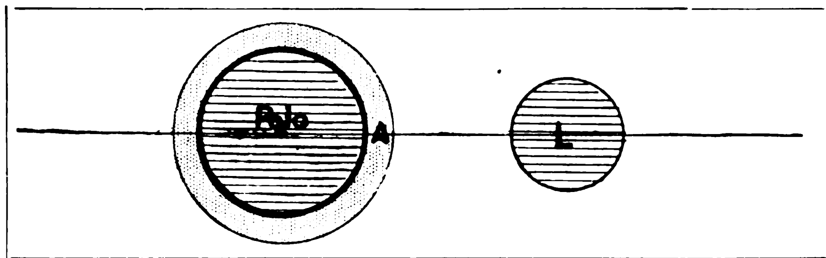


Fig. 153. — *Tierra recubierta enteramente por las aguas. — L. Luna.*

universal. Según éstas la *atracción de un cuerpo a otro aumenta a medida que la cantidad de materia aumenta y mengua en proporción a medida que el cuadrado de la distancia es mayor.*

Por consiguiente, si el Sol tuviese dos veces más materia que en la actualidad, atraería a la Tierra con el doble de fuerza que ahora; si tres veces más, con el triple y así sucesivamente. Contrariamente: si el Sol distara dos veces más de la Tierra que en el presente, la atraería con ¼ de su fuerza actual; si tres veces más con $^1/_9$; si cuatro $^1/_{16}$, etc.

Ahora bien: para facilitar la explicación supongamos que la Tierra es un cuerpo esférico cubierto de agua en toda su superficie (fig. 153). La parte A del planeta, por estar más cerca del núcleo de atracción L, será más atraída que el resto y como las moléculas líquidas resbalan fácilmente unas sobre otras, formarán una protuberancia hacia la Luna, cuya cima se encontrará exactamente en la línea imaginaria que una el centro de ambos planetas (fig. 154). Pero esta protuberancia no se produce únicamente del lado en que la Tierra mira la Luna, sino también de la parte inversa A'. Se explica esta otra protuberancia sabiendo que la acumulación de las aguas solicitadas en dirección a la

1. Cabe decir que la marea astronómica en el Río de la Plata pasa inadvertida para los observadores, pues los movimientos de ascenso y de descenso de las aguas dependen principalmente de la acción del viento.

Luna, cambia el centro de gravedad de la Tierra (hacia O') que hasta ese instante coincidía con el centro geométrico O y lo alejan de la parte superficial *A'*. Ahora bien: todo cuerpo que se aleja del centro de gravedad pierde peso, es decir, tiende a elevarse y las partículas de aguas situadas en *A'*, libradas, en cierto modo, de una parte de la gravedad, tienden a formar una nueva intumescencia que devuelve el centro de gravedad a su sitio. El cálculo demuestra, por otra parte que si la Tierra y la Luna estuvieran inmóviles como lo hemos supuesto, tomarían una forma esferoidal.

Pero la Tierra no se encuentra inmóvil sino que gira alrededor de sí misma en 24 horas. La Luna, por su parte, emplea 27 días $^1/_3$ en dar

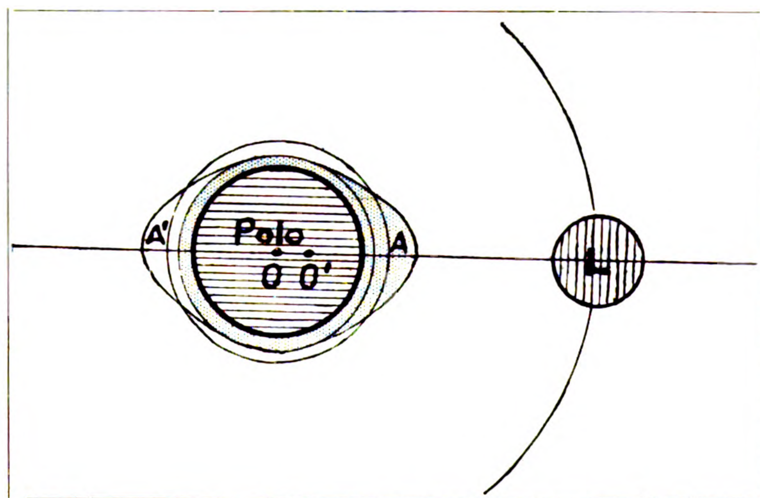


Fig. 154. — *Marea lunar.*

vuelta alrededor de la Tierra, de lo que resulta, por ambos movimientos, que la Luna parece describir una circunferencia en el término de 24 h. y 50' y que en 6 h. 12' 37'' habrá andado 90° y estará en la dirección *O C*, donde, precisamente, ha de producirse el alejamiento de las aguas, conjuntamente con la depresión *A A'* (fig. 155). De este modo, al cabo de otras 6 h. 12' 37'', la Luna estará en la dirección *O B*, donde se fijará el levantamiento con su consiguiente depresión en *C* y en su parte opuesta y así sucesivamente.

Podemos, pues, mediante este simple razonamiento decir que el intervalo entre dos pleamares o dos bajamares es de 12 h. 25' 14''.

Ahora bien: la atracción del Sol debe dejarse sentir igualmente sobre las aguas; pero aún cuando su masa es enormemente más grande que la masa de la Luna (26.864.294 veces mayor) la distancia a la Tierra es mucho mayor también (la Luna dista de nuestro planeta 60 radios terrestres y el Sol 23.000), lo cual rebaja mucho su potencialidad.

Los físicos han demostrado matemáticamente que la fuerza que levanta la intumescencia por influencia de un astro aumenta con la masa de éste y disminuye proporcionalmente al cubo de la distancia. Como — según lo dicho — la masa del Sol es 26.864.294 veces más grande que la de la Luna y su distancia es 388 veces y media la de la Luna,

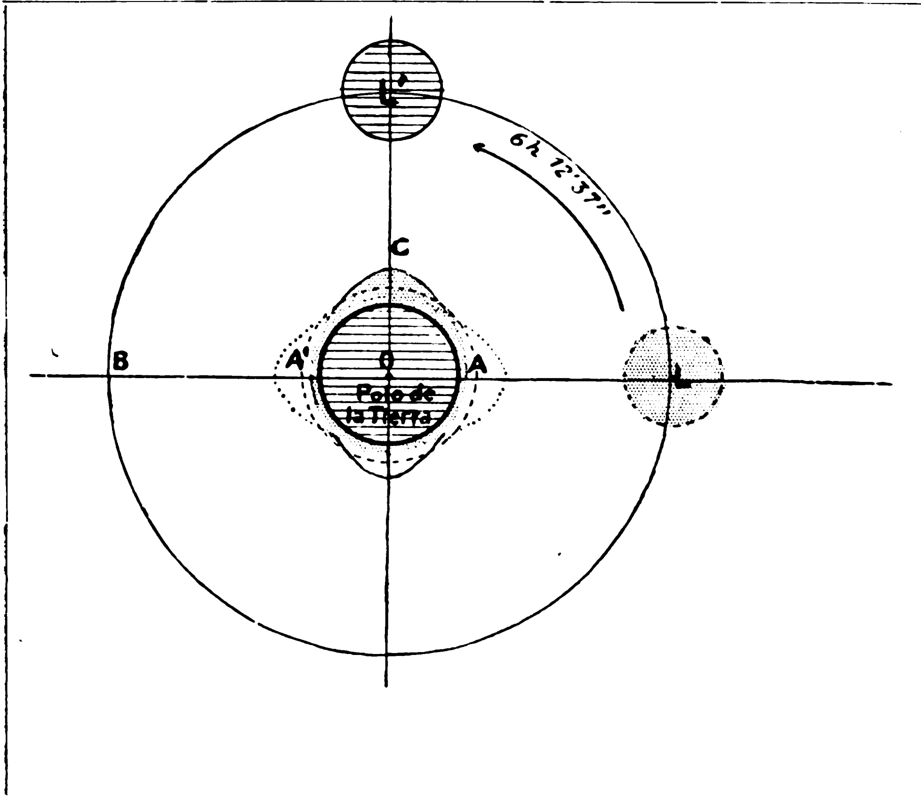


Fig. 155. — *Pleamar y bajamar.*

se puede expresar la relación de las acciones ejercidas respectivamente por la Luna y el Sol, del siguiente modo:

$$\frac{(388\ 5)^3}{26.864.294} = \frac{2,18}{1}$$

La fuerza con que la Luna atrae las aguas es, pues, en cifras redondas, 2.2 veces más grande que la fuerza de atracción del Sol.

De todas maneras, la influencia se la produce también su tumefacción sobre las aguas, pero lo que ocurre es que ésta y la acción lunar se combinan, resultando, en apariencia, un solo flujo que es el que

observamos. Como la duración de los dos fenómenos no es igual, el movimiento de la marea lunar no es siempre el mismo de la marea solar y de ahí que si a veces coinciden, la marea lunar siguiente lo hace con un retraso equivalente al exceso del medio día lunar sobre el medio día solar, o sea 25' 14". Esta diferencia se irá acumulando día por día

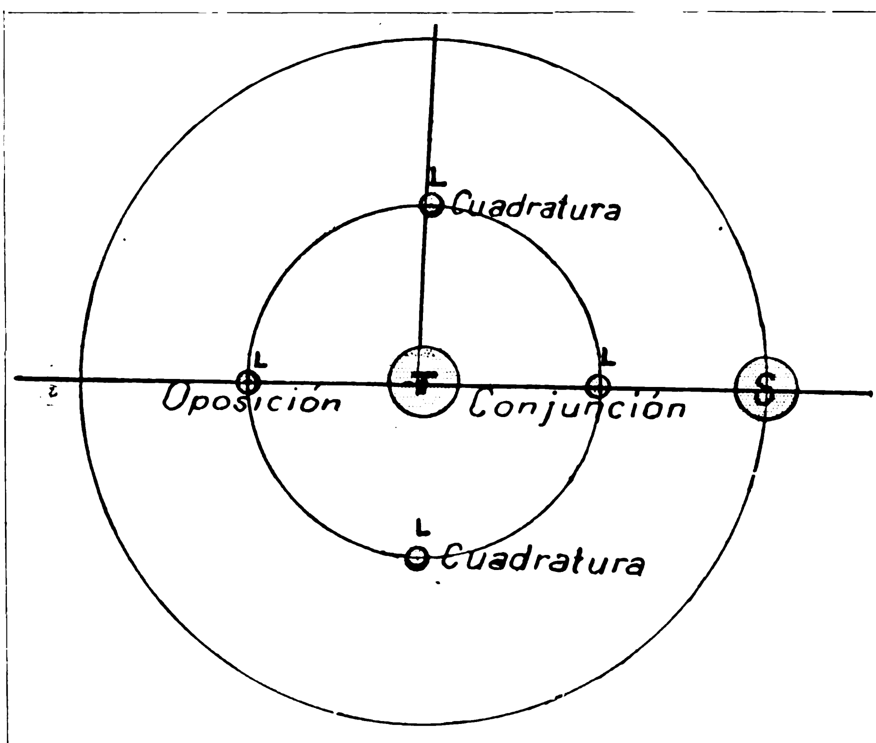


Fig. 156. — *Posiciones de la Luna con respecto a la Tierra y al Sol.*

y al cabo de 7 días y 6 horas, valdrá 6 horas 15 minutos aproximadamente lo cual hace que el flujo lunar coincida con el reflujo solar y recíprocamente. Tal es la causa por la cual la altura de la marea es distinta durante una misma lunación.

De este modo, si ambos astros coinciden en la hora al pasar por el meridiano sus fuerzas se suman, resultando las grandes mareas de las *zicigias;* pero si, por el contrario, una pasa, con respecto al otro, con seis horas de diferencia o están en *cuadratura,* se produce la lucha de ambas atracciones, y, por consecuencia, se restan, dando lugar a una mayor depresión.

Es bueno, sin embargo, hacer notar, que la fuerza lunar prepondera sobre la solar y que por ello, en la práctica, a cada pasaje de la luna corresponde una marea.

ESTABLECIMIENTO DEL PUERTO. — Hasta aquí hemos supuesto la Tierra cubierta enteramente por las aguas y admitido también la simultaneidad entre la posición de los astros y la elevación de la marea. Ninguna de las dos suposiciones es rigurosamente exacta. Con respecto a la primera, es bien sabido que los mares sólo ocupan las tres cuartas partes de la superficie total y por lo que se refiere a la segunda, es necesario agregar que aún cuando las tendencias son a formar la protuberancia acuosa en el mismo instante, no pasa así y siempre ocurre un *retraso*. Este retraso que es constante para cada puerto y difiere de un puerto a otro, se llama *establecimiento del puerto* y se expresa en horas y minutos. El establecimiento del puerto en la costa atlántica de Sud-América es como sigue:

Puerto	*Est. de P.*
Bahía.	4.26
Río de Janeiro	3
Montevideo	2.30
Bahía Blanca.	4.50
Puerto Deseado.	0.16
Cabo de Hornos	3.40

La importancia que reviste el conocimiento del establecimiento del puerto, queda evidenciado con sólo decir que hay puertos en los cuales ciertos buques no pueden entrar ni salir sino a la hora en que se produce la máxima elevación de las aguas.

LÍNEAS COTIDALES. — Se llaman *líneas cotidales* las que se trazan sobre una carta geográfica para unir los puntos del mar en los cuales la pleamar ocurre a la misma hora. Estas líneas se presentan en forma curva e irregular, lo cual demuestra que la hora de la pleamar varía de un lugar a otro. Estas irregularidades se pueden atribuir a la configuración de las costas, la forma del lecho marino, etc. En los estrechos y canales suelen verse líneas cotidales muy complejas. Por ejemplo: en el Canal de la Mancha se ven dos líneas cotidales avanzar de ambos extremos del mar. Esto se debe, indudablemente, a las mareas independientes del Atlántico y del Mar del Norte.

Insuficiencia de la teoría de Newton. — La teoría de Newton, explica, en grandes líneas la causa fundamental de las mareas; pero tan pronto como se analizan sus detalles, resulta insuficiente. Así, por ejemplo, si la atracción luni-solar sólo fuera la que determinara la producción y la altura de la marea, este fenómeno podría predecirse matemáticamente en todas sus modalidades y no acusaría irregularidades de un lugar a otro. Además, en ningún lado acusaría una altura mayor de m. 0.60. Las más simples observaciones permiten saber, no obstante, que en la mayor parte del globo esa altura es ampliamente sobrepasa-



(Fot. del Observatorio Nacional).

FIG. 157. — *COSTA SUR DE MONTEVIDEO.—Durante una bajante con viento Norte.*

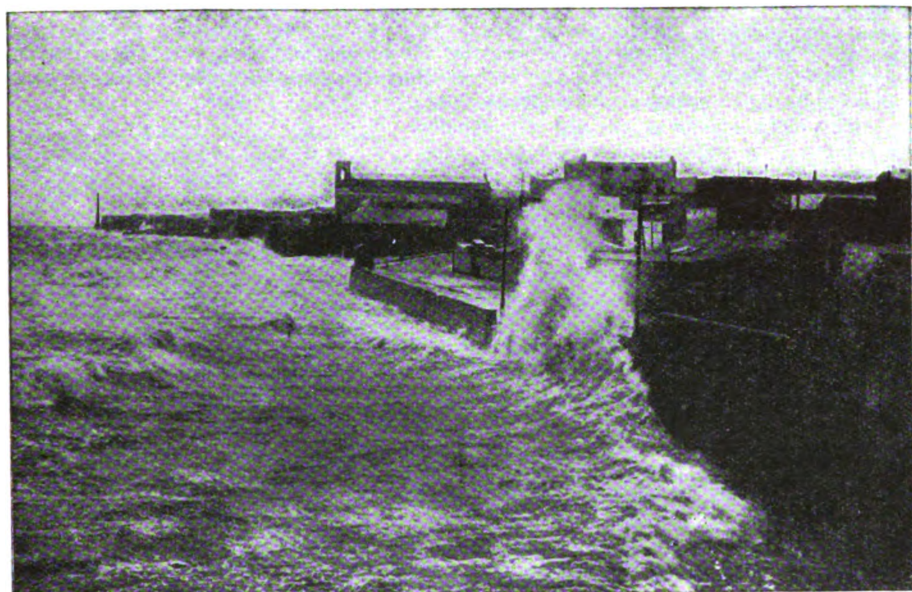
da. En Fundy (costa de Nueva Escocia, Canadá) es de 21 mts.; en la Bahía del Monte San Miguel (Francia) es de 15 metros, a la entrada del Estrecho de Magallanes, es, término medio, de 10 y frente a Puerto Gallego de 14.

Si a estos hechos sugestivos se agrega todavía que existen regiones donde sólo hay una marea por día (Golfo de Tonkin) y que el día de la zicigia, la pleamar se retrasa en algunos puntos muchas horas (en Brest, 36) se comprende que los físicos y matemáticos no se hayan dado por conformes con la teoría de Newton.

APENDICE

Teoría de Laplace. — Laplace aborda el problema desde un punto de vista distinto. En efecto: no sólo tiene en cuenta el aspecto *estático* de las masas líquidas, sino que considera a éstas desde un punto de vista *dinámico*, haciendo intervenir las leyes mecánicas de los fluídos. Esta hipótesis está basada en dos principios fundamentales: 1º *en la superposición de los pequeños movimientos;* 2º *en el de la periodicidad.* El primer principio es el mismo que rige la acústica, la óptica y la electricidad y puede tenerse una idea de él sabiendo que en una habitación cuya ventana a la calle permanezca abierta se oyen todos los ruídos del tráfico sin que las vibraciones sonoras de éstos impidan oír la voz de las personas que hablan adentro. Por la misma razón, la membrana del gramófono reproduce la voz del cantante y el sonido del instrumento que lo acompaña.

El segundo principio o sea el de la periodicidad, puede explicarse diciendo que si existe una fuerza cuya intensidad varíe de un modo regular, (por períodos), los



(Fot. del Observatorio Nacional)

FIG. 158. — *COSTA SUR DE MONTEVIDEO. — El mismo lugar anterior, durante un temporal del 2º cuadrante*

cuerpos sobre los cuales ella se ejerzan han de variar también periódicamente. Basado en estos dos principios, Laplace expone, según hemos dicho, su teoría.

Consideremos, por vía de ejemplo, uno de los astros que ejercen acción sobre las aguas: la Luna, e imaginemos que ésta describe un círculo perfecto alrededor de la Tierra y que permanece siempre sobre el plano del ecuador terrestre. Si la Tierra estuviera recubierta uniformemente de agua en toda su superficie, la onda de la marea daría una vuelta en torno de la Tierra en el mismo período que la Luna (2º principio). Pero debido al rozamiento con el fondo, la marea se atrasa en el recorrido, vale decir, que ocurrirá la pleamar después del paso del astro por el meridiano. Con todo, a la otra vuelta de la Luna ocurrirá otra pleamar con el mismo retraso, o sea, dos pleamares producidas en dos días sucesivos serán siempre separadas por el mismo intervalo de 24 h. 50′. Pero la Luna no está siempre sobre el ecuador. Debido a la inclinación de su órbita con respecto al plano del ecuador terrestre, está durante 14 días sobre el hemisferio norte y 14 días sobre el hemisferio sur. Tampoco la Luna describe una órbita perfecta y por consecuencia su distancia a la Tierra varía de un día para otro. Ambas causas modifican la intensidad de su atracción sobre las aguas. Ahora bien: lo mismo puede decirse del movimiento aparente del Sol, que describe elipses y no círculos y por lo tanto varía la distancia a la Tierra a cada día de su trayectoria. La atracción solar no se ejerce pues, todos los días, con igual fuerza sobre las aguas.

Se comprende, pues, que las ondas de mareas que engendran la combinación de estos diversos grados de atracción (principio de la superposición de los pequeños movimientos) sea realmente complicada y el cálculo matemático de la resultante casi imposible.

Renunciando, pues, al cálculo, Laplace ideó un procedimiento llamado de los *astros ficticios*. Imaginó así una primera luna, cuya masa difiere poco de la real pero que se mueve siempre en el plano del ecuador terrestre y se mantiene siempre a

igual distancia del centro de nuestro planeta. Ella dará nacimiento a una onda de marea que tendrá su misma periodicidad (24 h. 50 m.) La atracción de este astro imaginario puede calcularse perfectamente. Pero como en verdad la Luna real no permanece siempre sobre el ecuador, se introduce una segunda luna ficticia, de masa más pequeña, que engendra una segunda onda elemental, cuya fuerza se calcula sin dificultad alguna y se combina con la marea precedente.

De este modo se introduce el número de lunas ficticias que sea necesario para representar la variación de la distancia a la Tierra y haciendo lo mismo con soles ficticios, entonces el problema se reduce a términos mucho más sencillos, no obstante lo cual vuélvese muy complejo cuando hay que tener en cuenta la presencia de muchos astros ficticios como ocurre en el cálculo de las mareas de la India.

Para obviar este inconveniente, Lord Kelvin ideó un aparato que por medio de una combinación de poleas, registra en un tambor las menores variaciones sufridas en el nivel de un mareógrafo y como las líneas que inscribe *(sinusoides)*, recuerdan las del análisis de las cuerdas vibrantes de la acústica, se llama a este procedimiento *análisis armónico de las mareas.*



(De........).

Fig. 159.—*Altura media de la marea en la bahía de Fundy.*

Teoría de Darwin. — La teoría de Darwin está basada en el hecho, demostrado por la astronomía, de que no es sólo la Tierra la que gravita en torno del Sol sino el sistema más complejo Luna-Tierra, cuyo eje de rotación está entonces fuera del centro de la Tierra, aunque más cercano a ésta. Según Darwin la fuerza centrífuga producirá la marea en dirección a la Luna y la acción de la fuerza centrífuga la tumefacción opuesta.

Efectos geográficos de la marea. — Los efectos geográficos de las mareas son particularmente notables junto a las costas, donde el levantamiento de las aguas adquiere particular fuerza destructiva. Por otra parte, las corrientes generadas por ellas sirven de vehículo de transporte y depositación de materiales, lo cual suele transformar la configuración de las costas, según veremos después. La acción de las mareas es singularmente importante en los estrechos y canales, donde la corriente de marea limpia los fondos de las depositaciones y deja expedito el paso. En una forma análoga actúa en ciertas bahías y puertos, pero más particularmente en algunos estuarios, como ser en el de Londres, el de Hamburgo y el de Burdeos, cuyas corrientes quedan de esta suerte, limpias de los arrastres fluviales del Támesis, Elba y Garona. Las bocas del Amazonas forman estuarios, debido a la penetración de la onda de marea, que impide la acumulación de la enorme masa de tierras acarreadas por las aguas fluviales.

El mascaret. — En ciertos ríos sometidos a regímenes especiales, según se dirá después, se origina, en los momentos en que su caudal

crece, un choque entre las aguas del mar levantadas por las mareas y la masa líquida extraordinaria lanzada por el río. Son verdaderos fenómenos de *interferencia*, vale decir, de conflicto, entre dos clases de onda que dan origen a una gran fuerza destructora. Los geógrafos franceses le dan el nombre de *Mascaret* (Río Sena). En América del Sur se le llama *pororoca* (Río Amazonas) y en la India, *Bora* (Río Ganges).

Movimientos de traslación del mar. — LAS CORRIENTES. — Además de los movimientos periódicos (ondas, olas y mareas) el mar está sujeto a movimientos de traslación llamados *corrientes*. Las *corrientes marinas* son verdaderos ríos de orillas líquidas, que desplazan grandes masas de agua y si tenemos en cuenta la suma de factores que intervienen en su formación y los que de ella derivan en las masas océanicas y continentales, podemos decir que realizan el exponente más claro de la economía general del océano, o como dice Thoulet, ellas «dependen de todo lo que se ha estudiado en oceanografía» [*145*, p. 241].

CÓMO SE ESTUDIAN LAS CORRIENTES DEL MAR. — Para estudiar las corrientes del mar es necesario determinar su posición, la velocidad, la temperatura y la composición de las aguas. La temperatura, sobre todo, arroja datos realmente preciosos, pues en muchos casos la poca velocidad de traslación de una corriente la haría pasar inadvertida y el termómetro revela su presencia por diferencias térmicas con las aguas circundantes. El método de determinar la presencia de las corrientes por el termómetro, fué empleado por primera vez por Flanklin y Blagden en sus estudios del Gulf-Stream, pero habiéndose padecido algunos errores, fué abandonado durante muchos años, hasta que Nansen, auxiliándose con estudios de la salinidad y del *plancton*, pudo lograr con él datos de gran valor para el conocimiento de los mares antárticos. [1]

Siendo, pues, en muchos casos, la existencia de la corriente inadvertida por su velocidad y fuerza, de ahí que figuren en muchas cartas del océano corrientes que para el marino carecen en absoluto de importancia. J. Thoulet [*145*, p. 245] y J. Rouch [*133*, pág. 183], prefieren por ello reservar el nombre de *corrientes* para aquellas de una velocidad de traslación fácilmente apreciable y el de *deriva* para las muy lentas. [2]

El método de observación de las corrientes es distinto según sean éstas superficiales o profundas.

---

1. **Estudios de Nansen.** — "Gracias a este método pudo reconocer Nansen la prolongación extrema del Gulf - Stream, o por lo menos de sus aguas hasta los 81º de latitud N. bajo el casquete de los hielos árticos y una capa superficial de aguas frías y poco saladas entre 200 y 800 metros de profundidad. Verdad es que esta capa de agua sólo tiene una temperatura media de 0º22, pero es relativamente tibia con relación a las capas de superficie (— 1º, 5) y de fondo (— 0.70)". [**31** p. 260].

2. "Algunas sólo andan algunos decímetros por día". [**21**, p. 199].

Las primeras pueden revelarse por estudios muy simples: apreciación por el navegante del punto a donde quiere llegar y al cual realmente llega en virtud de las desviaciones y retrasos que le impone la corriente; y lanzamiento al mar de cuerpos flotantes, como barriles, botellas, etc., llevando dentro un papel indicador del lugar donde son arrojados así como la hora en que se realiza el lanzamiento. Recogidos estos cuerpos flotantes por los buques que surcan los mares, se puede saber el camino que han recorrido y el tiempo en él empleado [1].

El procedimiento de la *estima*, al que se alude en primer término, consiste en lo siguiente: Conocido el lugar de partida, el marino determina la dirección de la marcha por medio de la brújula y el camino recorrido por una aparato llamado *corredera*. Con estos dos aparatos puede calcular, después de un trecho de navegación el lugar donde se encuentra. Pero ocurre con frecuencia que las corrientes marinas desvían el buque de su ruta y retrasan su marcha. Para persuadirse de si la *estima* coincide con la realidad, el marino recurre a la observación de los astros. La diferencia entre la estima y el cálculo astronómico, si la hay, debe atribuirse a una corriente y aplicando a las dos direcciones la regla del paralelogramo de las fuerzas, se puede saber la verdadera dirección de la corriente perturbadora. No es, por lo demás, un procedimiento rigurosamente exacto.

En cuanto al estudio de las corrientes profundas, exige operaciones más delicadas, debido, en parte, a la extrema lentitud con que algunas de ellas se desplazan. El profesor Thoulet ha ideado un sistema de observación de las corrientes profundas por medio del termómetro que acusa los más ligeros movimientos del agua. Su explicación no corresponde a una obra como ésta. También se han ideado aparatos registradores mecánicos, cuya descripción corresponde a la ciencia oceanográfica.

Causas de las corrientes marinas. — Las corrientes pueden ser, pues, *superficiales* y *profundas*, pero entre estas últimas cabe distinguir las *verticales* que tienen la propiedad de llevar a la superficie, las aguas de las grandes profundidades. Estas tres clases de corrientes constituyen, en conjunto, la *circulación oceánica*.

Las corrientes, pueden ser, además, *frías* y *calientes*, términos estos que se refieren no a los valores absolutos arrojados por el termómetro, sino a una relación con la temperatura de las aguas circundantes.

HIPÓTESIS DE MAURY. — Durante muchos años se aceptó como una verdad comprobada, para explicar el origen de las corrientes del mar, la hipótesis de Maury, según la cual las corrientes marinas tendrían su origen en la activa evaporación de la región intertropical y en la rotación de la Tierra.

---

1. El Príncipe de Mónaco lanzó en 1885, 180 flotadores en menos de 36 horas a lo ancho del Gulf-Stream al NO. de las Azores; en 1886, lanzó 510 botellas entre España y las Islas Británicas y en 1887, por último, 931 flotadores diversos. Gracias al recorrido hecho por éstos, durante la gran guerra europea, se pudo saber la trayectoria de las minas flotantes arrojadas por los alemanes.

"Como en la zona ecuatorial la evaporación es mucho más rápida, se produce un vacío que deben llenar las aguas frías de los polos. Se originan así dos corrientes: una de norte a sur y otra de sur a norte. A medida que estas corrientes se aproximan a los trópicos, el movimiento de rotación de la Tierra se hace sentir notablemente, aumentando siempre en el viaje de aproximación al Ecuador. En esta parte, la Tierra anda a razón de 1700 kilómetros por hora, de suerte que la inercia provoca la desviación de las corrientes hacia el W. De esta suerte ambas corrientes frías, la del N. y la del S. chocan y toman una dirección francamente de E. a W." [M. F. MAURY. — "The physical geography of the sea and its meteorology". London 1864].

HIPÓTESIS DE CARPENTER. — Para Carpenter la hipótesis de Maury tiene el defecto de admitir la evaporación en las aguas ecuatoriales hasta las capas profundas.

"El efecto del calor superficial sobre las aguas del océano, será en su mayor parte limitado a la capa superior y entonces puede ser considerado como insignificante. Pero los efectos del frío superficial sobre las aguas del océano polar, tenderá a hacer bajar la temperatura de su masa total hasta un punto que bastaría para la congelación de las aguas no saladas. Una vez que la capa superficial se ha enfriado hasta este punto, bajará a causa de la disminución de su tamaño y del aumento de su densidad y será reemplazada por agua que no se ha enfriado hasta el mismo grado. Esta agua más caliente no puede provenir de abajo sino que será atraída de la superficie del área vecina. Mientras ésta es atraída fuera de su centro, será reemplazada por otra que viene de más lejos; de manera que el enfriamiento continuo de la capa superficial del océano polar establecerá un movimiento regular de las aguas ecuatoriales hacia esta región para enfriarse allí y ser repartida por debajo en todo el océano vecino hasta llegar al área tropical. [*Carpenter*, "Sobre las corrientes de Gibraltar, Gulf-Stream y circulación general del Océano" — 1870].

TEORÍA DE ZÖPPRITZ. — *Las corrientes de impulsión.* — Este oceanógrafo alemán, después de rigurosas experiencias y cálculos matemáticos expuso — *Zöppritz.* «Zur cheorie der Meeresströmungen». [*An. der Hydrographie.* — Berlín 1878, p. 582] una teoría atribuyendo las corrientes marinas a fenómenos de adhesión y rozamiento del agua del mar con las corrientes aéreas. Si un líquido está en contacto con una capa de aire en movimiento, aquél es forzado a participar del movimiento. Pero la observación demuestra, en efecto, que los más furiosos temporales consiguen trasmitir sus movimientos más abajo de unos cuantos metros de la superficie. En cambio, los vientos constantes, como los alisios, cuya dirección no varía nunca, trasmiten el movimiento, a las capas profundas por un simple fenómeno análogo al que ocurre con un montón de hojas de papel, sobre cuya hoja más superficial hagamos rozar suavemente un dedo. Al principio no se moverá sino la primera hoja, pero si repetimos muchas veces la experiencia, al cabo de un rato, el montón de papel se habrá escalonado hasta la parte más baja.

Hay, por lo demás, una gran coincidencia entre la dirección de las mayores corrientes del océano y la dirección de las corrientes permanentes aéreas y por eso cree Zöppritz que la circulación actual del

océano es la suma de todos los esfuerzos realizados por las corrientes atmosféricas, a través de los miles y miles de años [1].

La teoría de Zöppritz tiene completa confirmación en las grandes corrientes llamadas *forzadas o de impulsión,* pero no todas las corrientes pueden explicarse por los efectos mecánicos del viento.

Corrientes de reacción. — Aún mismo en las zonas del mar donde las corrientes forzadas son evidentes, existen otras que no pueden explicarse por la simple impulsión del aire, pues marchan en sentido contrario. Una sencilla experiencia explica la existencia de tales corrientes: hágase chocar contra un obstáculo perpendicular a su dirección, dos chorros de agua paralelos. Enseguida se echa de ver que el agua de cada chorro, al reaccionar contra el obstáculo, dirige parte de su caudal hacia el espacio que media entre los dos chorros aludidos. Se genera así una corriente contraria a la dirección de aquellos. Las *contracorrientes* ecuatoriales, de las cuales vamos a hablar después, y la mayor parte de las que se generan en los golfos y bahías, son de esta especie.

Corrientes de descarga. — Se da este nombre a las corrientes producidas por un desnivel determinante de un derrame de los puntos altos hacia los bajos.

En ciertos casos debe atribuirse esta clase de corrientes (producción o intensificación) a la presión atmosférica, pero sólo con un criterio muy medido, pues se ha podido demostrar que las mayores diferencias de presión únicamente originan desniveles de 20 a 30 centímetros, lo cual es bien poco si se tiene en cuenta que tales acciones atmosféricas se ejercen sobre zonas a veces extensísimas. Esto no obstante, la corriente del Estrecho de la Florida *(Gulf - Stream)* se acelera mucho cuando domina un régimen ciclónico (bajas presiones) en el Mississippí inferior o en el Golfo de México.

Más importantes son las corrientes de descargas debidas a desniveles originados por la temperatura y la salinidad.

La presencia de grandes masas de agua cálida transportadas por las corrientes profundas determina una suba del nivel superficial, pero si el calentamiento se debe a la acción directa de los rayos solares, entonces la evaporación determina una disminución de nivel.

---

1. Según los cálculos de Zöppritz, el "régimen permanente" no se realizará sino al fin de un tiempo infinitamente largo y, solamente, cuando la velocidad de la capa superficial, se vuelva igual a la de la masa de aire que la propulse. En el caso de un océano ilimitado en extensión y en profundidad, despreciando la influencia de la rotación terrestre, la profundidad a la cual se hace sentir la influencia superficial, es únicamente una cuestión de tiempo. Se puede deducir de las fórmulas de integración dadas por Zöppritz, que a la profundidad de 100 metros solamente, se necesitarían 239 años para que la velocidad alcance la mitad de la velocidad superficial; limitándola al décimo, 41 años serían suficientes. Aplicando las fórmulas obtenidas a un océano no de profundidad infinita, sino "finita" e igual a 4.000 metros, ha hallado así que a la profundidad de 2.000 mts., al fin de 10.000 años, la velocidad no es más que de 37 milésimos de la velocidad superficial. Después de 100.000 años, la velocidad a 2.000 metros no será más que de 47 centésimos de la velocidad de superficie, es decir, ni la mitad de ella. [**21**, p. 225].

Fig. 160. — *Mapa de las corrientes marinas.*

(Basado en diseño de Schott).

Las corrientes debidas a la cantidad de sales disueltas en el mar actúan de igual modo que la experiencia de gabinete para demostrar la teoría de las vasos comunicantes.

Las diferencias de densidad se traducen, por lo tanto, en diferencias de presiones y a éstas deben atribuirse la mayor parte de las *corrientes verticales.*

Distribución geográfica de las corrientes marinas. — Cuando se observa una carta general de las corrientes marinas, se puede advertir que forman dentro de las cuencas oceánicas, grandes círculos cuya dirección cambia según el hemisferio; las del hemisferio norte, giran en el sentido de las aguas de un reloj; las del hemisferio sur, en el sentido contrario. En términos generales, la dirección de las corrientes depende principalmente de la forma de la cuenca oceánica y de la fuerza engendrada por la rotación del globo que ejerce una acción desviatriz en su orientación inicial.

LAS CORRIENTES ECUATORIALES Y SUS DERIVADOS. — A un lado y otro de la línea equinoccial, se advierten, en el Atlántico y en el Pacífico, corrientes marinas cálidas, que corren hacia el oeste. Los vientos alisios del NE. y SE. desviados ya hacia el Oeste en la línea ecuatorial en virtud de la fuerza engendrada por la rotación de la Tierra, es la causa productora de las mencionadas corrientes. Se trata, pues, de verdaderas *corrientes de impulsión o forzadas.*

Entre ambas, se pronuncia una «contracorriente» que marcha hacia el E. y su origen debe atribuirse a la *reacción* que experimentan las masas de agua al chocar contra las tierras que se oponen a su paso.

Corrientes del Atlántico del Norte

Los vientos alisios del NE., generan en las costas occidentales de Africa, una corriente forzada que, a medida que avanza hacia el ecuador se va desviando hacia el oeste, para formar la *Corriente Ecuatorial Nord - Atlántica.* Esta corriente corre paralela hasta formar un sólo conjunto con la Corriente Ecuatorial Sud Atlántica desviada, después de chocar con el Cabo San Roque hacia el NE. Esta masa de agua cálida se divide, al E. de las Pequeñas Antillas, en dos brazos: el más importante entra al Mar Caribe y el otro, bordea toda la parte oriental, del archipiélago antillano hasta confundirse con el Gulf - Stream. El brazo que ha penetrado en el Mar Caribe entra fácilmente por el Estrecho de Yucatán al Golfo de México, pero la salida, es muy dificultosa. Las aguas se arremolinan entonces en esa especie de saco y sólo logran salir con gran ímpetu, por el Canal de la Florida. El Golfo de México es una verdadera caldera. Las aguas que han llegado ya muy calientes por su procedencia del Ecuador, elevan aún más la temperatura durante su circuito por el Golfo y, cuando salen de él tienen una temperatura que oscila alrededor de los 28 grados.

Mucho se ha discutido acerca si la corriente del Golfo da toda la vuelta al golfo o si desde Yucatán se dirige directamente al Estrecho de la Florida junto a los costas occidentales de Cuba. Los estudios hidrográficos practicados con este objeto demuestran ahora que la mayor impetuosidad de la corriente está, en efecto, junto a Cuba, pero ello no quita que las partes más alejadas del eje de la corriente pasen también frente a Tampico y las bocas del Mississippi.

Al salir esta corriente por el Estrecho de la Florida tiene un ancho de 88 kilómetros y una velocidad de 8 kms. por hora, término medio. Alli empieza a llamarse *Gulf - Stream.*

El *Gulf - Stream* es la corriente mejor estudiada del mundo. Tan pronto como abandona el Estrecho de la Florida, se dirige, durante un trecho hacia el N. donde disminuye paulatinamente de profundidad y aumenta de ancho. Frente al Cabo Hatteras tiene 300 metros de profundidad, 200 kms. de ancho y anda sólo a cinco kms por hora. Más adelante, en Terranova, anda aún más lentamente: 4 kms. Frente al mencionado Cabo Hatteras, choca con la corriente fría del Labrador, que desciende de las regiones polares y tuerce, solicitada por la rotación de la Tierra hacia la derecha. Al S. de Terranova, abandona definitivamente las costas americanas, marchando casi en la dirección de los paralelos hacia Europa, pero antes se ha interpuesto entre ella y los Estados Unidos la mencionada Corriente del Labrador, el *Cold - Wall* o «muro frío» de los americanos, cuya influencia es tan grande en el clima del Canadá y de las costas NE. de los Estados Unidos. Es aludiendo a esta influencia y al hecho que la *Corriente del Gulf - Stream* se aparta del continente frente al Cabo Hatteras, que dicen los estadounidenses: «los ingleses nos han robado el clima».

La corriente del Gulf - Stream, propiamente dicha, termina a 150 millas al S. de Nueva Escocia. Más allá, según J. Rouch [«M. de Oceanog. Physique» pág. 285] es una verdadera «deriva», a la que impulsan los vientos del O., pero la acción térmica de ella se deja sentir en un largo trayecto después de ese lugar. Corriente o deriva, como quiera llamársele, el caso es que frente a las Islas Azores se divide en dos ramas: una va a bañar las costas de Irlanda, Escocia y Noruega, países que le deben sus condiciones climatéricas habitables; la otra se dirige hacia el SE., arrastrando sus aguas tibias hacia Africa, sigue las costas marroquíes y de la Mauritania *(Corriente de las Canarias)*, hasta encontrar la Corriente Ecuatorial Nord - Atlántica que completa así un enorme circuito, en cuyo centro queda el *Mar de Sargazos* [1].

---

1. **El Mar de Sargazos.** — Los navegantes portugueses del siglo XV advirtieron en las playas de las Azores, Madeira y Cabo Verde, una extraña especie de alga marina, a la que dieron el nombre de "Sargaço", palabra derivada del antiguo vocablo ibérico sarga, vale decir "uva". Estas algas están provistas de largos y fuertes tallos, muy ramificados y se mantienen a flote por medio de unas bolillas huecas, especie de vesículas o cápsulas llenas de aire. La contracorriente de frotamiento que se forma en las paredes laterales del gran circuito de las corrientes del Atlántico del Norte y las altas temperaturas que aporta a las aguas la corriente del Gulf - Stream, determinan una dilatación de éstas, con pendiente hacia el centro, por lo cual todos los objetos flotantes tienden a caer hacia él. Los sargazos originarios de las costas ame-

La rama del Gulf - Stream que baña las costas europeas, tiene, a su vez, dos derivaciones importantes: una hacia el O., que cierra un circuito secundario sobre un centro de mínimas presiones atmosféricas al S. de Groenlandia *(Corriente Irminger)*; otra, verdadera continuación del ramal principal, que completa otro círculo entre Spitzberg y Nueva Zembra *(Corriente del Cabo Norte)*.

El color del Gulf Stream es azul marino y se distingue netamente de los tintes más claros y verdosos de las aguas frías que lo rodean.

Corriente Ecuatorial Sud - Atlántica y sus derivaciones

Los vientos alisios del SE., impulsan las aguas ecuatoriales hacia el O., paralelamente a la Corriente Ecuatorial Nord - Atlántica que acabamos de describir. Ambas corrientes determinan la *Contracorriente Ecuatorial Atlántica*, sujeta a modificaciones temporales en las costas de la Guinea por efecto de los vientos monzones que allí reinan.

Según hemos dicho, al chocar la Corriente Ecuatorial Sud - Atlántica con el Cabo San Roque, se divide en dos ramas: la del N., se va a internar en el Mar Caribe; la del Sur, recorre las costas del Brasil con el nombre de *Corriente Brasileña* y al llegar a la latitud del Plata tuerce hacia la izquierda para unirse frente a Africa con la *Corriente fría de Benguela* con la cual completa el circuito del Atlántico del Sur.

La Corriente Ecuatorial Nord - Pacífico

Se engendra por la impulsión de los alisios del NE., a la altura de las Islas de Revillagigedo y llega hasta las Filipinas. Paralela a ella corre, como en el Atlántico, otra corriente, la Ecuatorial Sud - Pacífico y entre ambas la *Contracorriente Ecuatorial del Pacífico*, que es una corriente de compensación.

La Corriente Ecuatorial Nord - Pacífico engendra el *Kurosivo*, desempeñando en este océano el mismo oficio que el Gulf - Stream en el Atlántico. Ella baña, en efecto, al Japón, al cual le aporta su calor haciendo habitables islas que por su latitud debieran estar sujetas a las intensidades del clima frío continental; envía un ramal *(Corriente de Kantchatka)* al NE. de las Kuriles y luego se vuelve al E. tocando las costas americanas la altura de la Colombia Británica. Allí, reacciona y

---

ricanas y toda clase de restos marinos, van a juntarse, pues, en ese centro, constituyendo lo que la geografía llama el "Mar de Sargazos". Las algas flotantes cubren allí, en aglomeraciones, espacios de muchos metros cuadrados, quedando entre una aglomeración y otra espacios libres sobre los cuales los navíos andan sin dificultad. Leyendas muy popularizadas hablan, no obstante, de la muerte de los navíos enredados en los tentáculos de los sargazos y hay novelistas que han ideado narraciones llenas de interés, imaginando la agonía de un buque en medio de lo que ellos llamaron alguna vez "Los Cementerios del Mar". El navío "Michel Sars" destinado a estudios oceanográficos, efectuó en 1910 - 11 un crucero por el Mar de Sargazos y pudo demostrar la fantasía de aquellas leyendas y de estas novelas basadas en un deficiente conocimiento de la vida del mar, pero que tuvieron su explicación en la época de la navegación a vela, alguno de cuyos buques pudieron tener dificultades reales en navegar entre los sargazos.

se divide en dos ramas; la del N. que describe un círculo entre Vancouver y Alaska; la del S. *(Corriente de California)* que cierra el circuito con la Ecuatorial Nord - Pacífico.

La Corriente Ecuatorial Sud - Pacífico

En el Océano Indico no falta tampoco la corriente ecuatorial. Algo al S. del Ecuador los alisios del SE. empujan las aguas hacia el O. Cuando estas llegan a la extremidad N. de Madagascar una rama entra en el Canal de Mozambique y llega al Cabo de las Agujas; la otra se repliega sobre el Ecuador formando un circuito. Estos hechos, relativamente análogos a los que ocurren en los otros océanos, se encuentran, sin embargo, intensamente perturbados al N. de la línea ecuatorial, donde el régimen periódico de los vientos monzones y la configuración de los continentes, introducen grandes cambios en la dirección de las corrientes según las estaciones.

LAS CORRIENTES POLARES Y SUS DESVIACIONES. — En el Océano Artico hay dos corrientes marinas principales: una que sale desde las costas Occidentales de Siberia, pasa cerca del Polo y va a formar la *Corriente de Groenlandia;* otra que nace en el Mar de Baffin y dirigiéndose al S. forma la *Corriente del Labrador.*

La Corriente Transversal Artica

Fué descubierta por Nansen. Conociendo éste el probable trayecto que habían seguido los despojos del naufragio de la «Jeannette» (ocurrido en la Isla de Long en 1881), despojos que algunos años después fueron hallados al Sur de Groenlandia, hizo aprisionar al «Fram» entre la banquisa. Tomado así el buque a la deriva, pudo navegar desde las cercanías de Nueva Siberia a la Isla de Spitzberg. Su último trozo llamado *Corriente de Groenlandia,* efectúa un trayecto sobre toda la costa oriental de dicho país (Estrecho de Dinamarca) y penetra, por último, en el Mar de Baffin donde se genera la corriente fría del Labrador.

La Corriente fría del Labrador

Se forma por el derretimiento de la banquisa del Mar de Baffin. Luego de bordear la Península que le da nombre, se divide en dos brazos: uno que pasa hacia el S. por el Estrecho de la Belle Isle y otro que pasando al E. de Terranova va a chocar, sumergiéndose, con la corriente del Gulf - Stream. Adviértase que la corriente del Labrador no mezcla sus aguas con las del Gulf - Stream por efecto de la densidad que le aportan las bajas temperaturas; se sumerge y acaso sea ella misma la que reaparece en las costas de Africa, en la latitud de las Canarias, donde los pescadores reconocen la existencia de agua fría, con variedades de peces muy características.

Gran Corriente Antártica

En el mar Antártico, abierto a todas las direcciones y sin continentes que obstruyan el viento de O. a E., las corrientes atmosféricas adquieren una extraordinaria regularidad y fuerza. Hay, pues, en esa región del globo, una enérgica corriente de agua impulsada por los vientos: la *Gran Corriente Antártica.* Esta corriente deriva, en la extremidad de las masas continentales, otras corrientes frías que tienen una notable influencia en el clima de Sud - América, Africa y Australia.

Corrientes de Humboldt y Falkland

En la parte SO. de América del Sur, la Gran Corriente Antártica desprende dos ramas importantes: una que costea Chile y el Perú: la *Corriente de Humboldt*, cuya agua fría se percibe bien hasta las Islas Galápagos con una gran influencia térmica en el litoral de los dos citados países; otra que dobla hacia el NE., al oriente de la Isla de los Estados y bordea las costas patagónicas para interponerse, a modo de la Corriente del Labrador, entre el Continente y la Corriente cálida del Brasil: es la *Corriente de Farkland* que suele llevar témpanos de hielo hasta las latitudes templadas.

Corrientes de Benguela

Otras derivaciones de la Gran Corriente Antártica son las de *Benguela* que remonta a lo largo de las costas occidentales de Africa para engendrar la *Corriente Ecuatorial Sud - Atlántico* una vez llegada al Golfo de Guinea, y la *Corriente Occidental Australiana* que completa el gran circuito del Sur del Indico.

Efectos geográficos de las corrientes marinas. — Las corrientes marinas, transportando el calor y el frío de una zona a otra del globo, son causa de grandes transformaciones geográficas. Desde los primeros días de marzo al comienzo de abril de 1925, los vientos alisios de SE. que soplan a lo largo de la costa del Perú, fueron sustituídos por vientos constantes del NO., lo cual trajo por consecuencia la inversión de la corriente de Humboldt. Esta como una magnífica comprobación de los efectos mecánicos del viento en las corrientes de impulsión, cambió de dirección y su temperatura subió unos 7 u 8 grados, alcanzando sus efectos hasta la latitud de Valparaíso. «Entonces, los peces y el plancton que poblaban la costa, desaparecieron. Los millares de pájaros que se nutrían de él fueron obligados a emigrar, abandonando sus nidos que cubrían la isla y no dejando más que raros ejemplares flacos y hambrientos. La costa y la llanura costera que ostentaban los desiertos, fueron azotadas por violentas tempestades y recibieron abundantes precipitaciones. Los ríos se pusieron a correr y pudieron alcanzar el mar;

las rocas desnudas fueron invadidas por la verdura. Los efectos de este súbito cambio de clima fueron particularmente desastrosos para los establecimientos humanos. Las poblaciones fueron inundadas. Los techos, hechos de barro mezclado con paja, se hundieron...

La violencia de las aguas cortaron las vías férreas...; innumerables insectos cayeron sobre el país; se temió el estallido de epidemias. [*E. Colin* «Le renversement du courant du Pérou». — *Ann. de Geog.* — XXXV, 15 de enero de 1926, p. 96].

El retorno del alisio del SE., hizo cesar estas calamidades.

Podemos agregar, todavía, como un ejemplo interesante de la importancia de la circulación marina, dos palabras acerca de un proyecto atribuído a los ingenieros de la marina de guerra estadounidense. Según esa concepción, en caso de una contienda armada entre Europa y Estados Unidos, este país tendría en sus manos el arma más poderosa que jamás hombre alguno haya imaginado: hacer morir de frío a todas las naciones del occidente europeo. Para lograr tan monstruosa obra, bastaría con atravesar una escollera o muro en el Estrecho de la Florida y abrir la salida del Gulf-Stream al norte de esa península. La corriente desviada de su curso natural, se retiraría de las costas de la Gran Bretaña y de Noruega y ellas Holanda, Dinamarca, Suecia y parte de Alemania, quedarían enterradas en los hielos como los actuales esquimales del Norte de América y de Groenlandia.

LA ATMÓSFERA

COMPOSICION, COLOR Y ALTURA DE LA ATMOSFERA

La atmósfera [1] es el envolvente aéreo que rodea nuestro planeta. Está adherido a éste, y lo acompaña como parte integrante de él, en todos los movimientos que realiza en el espacio [2].

"Es en el punto de contacto de la atmósfera y de la corteza terrestre que los hechos atmosféricos — variaciones de las temperaturas, lluvias y vientos y sobre todo los hechos geográficos que resultan de los hechos atmosféricos — aguas corrientes y glaciares — trabajan incesantemente para desgastar el relieve emergido y colmar los fondos inmergidos. Nivelamiento de las montañas, regularización de los cursos de agua, rellenamiento de los océanos, todos los hechos que constituyen la parte esencial de la geografía física, la *morfología*, son localizados rigurosamente sobre esto que podríamos llamar la corteza de la costra terrestre." — J. BRUNHES. — "Geog. Hum." t. I., p. 2. — París, 1925.

La parte de la física terrestre que estudia los fenómenos de la atmósfera, se llama *Meteorología* [3].

La Meteorología como ciencia, data de época muy reciente. Los descubrimientos que le sirvieron de base deben estudiarse, por ello, en las ciencias físicas.

División de la Meteorología. — Para el mejor conocimiento de la Meteorología, se ha convenido en dividirla en dos partes:

1º *La Meteorología Estática,* que trata el aire en su composición temperatura, propiedades ópticas, presión, humedad, etc.

2º *La Meteorología Dinámica,* que se ocupa de los fenómenos en estado de movimiento, clase de vientos, circulación general de la atmósfera y, en una palabra, del equilibrio del aire.

Composición de la atmósfera. — La experiencia de Lavoisier, demostró que el aire no era un cuerpo simple como se creía hasta entonces.

---

1. De "atmos", vapor, aire; "sphaira", esfera, es decir, esfera de vapor.

2. Si la atmósfera no acompañara la Tierra en sus movimiento, se producirían en la superficie de ésta corrientes de aire que andarían a 465 metros por segundo en la zona ecuatorial, vale decir, con una intensidad enormemente mayor que la de las más grandes tempestades.

3. De "meteoros", meteoros y "logos", tratados.

Hoy, en efecto, la ciencia puede demostrar que el aire es un compuesto de gases y que se trata de una mezcla mecánica y no de una combinación química; es decir, que todos sus componentes mantienen sus características substanciales.

Analizando químicamente el aire atmosférico junto a la superficie de la tierra, puede verse que hay en él gases permanentes en proporciones constantes; gases permanentes en proporciones variables y gases que sin ser permanentes se encuentran algunas veces en pequeñas proporciones:

1º GASES PERMANENTES EN PROPORCIONES CONSTANTES. —

	Gases	Composición al nivel del suelo
	Azoe	0,7803
	Oxígeno	0,2099
	Hidrógeno	0,0001
Gases raros	Argón	0,0094
	Neón	0,000015
	Helium	0,0000015
	Criptón	0,00000005
	Xenón	0,000000006

El ázoe y el oxígeno mezclados a una cantidad variable de vapor de agua y de ácido carbónico, fueron para los sucesores de Lavoisier, los únicos componentes de la atmósfera. En 1882 el físico inglés Lord Reyleigh, encontró una diferencia de densidad entre el ázoe extraído del aire y el que se obtiene de los compuestos amoniacales y con el auxilio de William Ramsay, determinó por el espectrocopio, la presencia de un nuevo cuerpo, el *argón,* caracterizado por su inercia en las combinaciones químicas (de *a,* sin y *argón,* trabajo).

Pocos años después (1896 - 97) un mineral encontrado en Groenlandía dejaba escapar, puesto al calor, un gas que se parecía al ázoe. Consultado el espectrocopio, no se presentaron, como se creía, las rayas del argón, sino una raya amarilla que sólo había visto Janssen en la corona solar; por esta razón se le llamó *helium.* Reyleigh y Ramsay encontraron más tarde helium en el aire atmosférico y el último de estos sabios, haciendo evaporar el aire líquido, aisló el *criptón,* es decir, el «disimulado». A su vez la evaporación del argón líquido dió un nuevo gas: el *neón* y por último el *xenón,* vale decir, «el extranjero».

Estas proporciones son más o menos iguales en la superficie de la Tierra y no han experimentado cambio alguno desde que se efectuaron los primeros análisis. Sólo en las capas que están en contacto con el océano se ha notado una pequeña disminución del oxígeno, en virtud de ser este cuerpo más soluble que el ázoe.

2º GASES EN PROPORCIONES VARIABLES. —

b) Acido carbónico.
a) Vapor de agua.

a) El primero ejerce una influencia verdaderamente importante en el calor de la atmósfera, pues tiene propiedades atenuantes de los rigores de la temperatura. Se le encuentra desde las cantidades más pequeñas hasta $^1/_{30}$ del volumen total del aire y en general está en mayor proporción sobre las cuencas lacustres (océanos, mares, lagos, etc.) que sobre los continentes. A medida que se asciende va siendo menor y a 1.000 metros su presencia es casi insignificante.

b) El ácido carbónico oscila entre 1/5000 en peso 1/300 en volumen. Es un poco más abundante sobre los continentes que sobre los mares y sólo este hecho llegó a hacer pensar a espíritus dados a la exageración científica, que el mar podría hacer desaparecer el ácido carbónico de la Tierra.

A pesar de ser la dosis de ácido carbónico muy reducido, su influencia térmica es muy grande. Svante Arrhenius ha hecho un cálculo según el cual si la atmósfera perdiera el ácido carbónico que tiene actualmente, la temperatura media del suelo disminuiría en 21° [*19*, p. 15]. Las elevadas temperaturas de los períodos primarios y el gran desarrollo de los vegetales, sobre todo el carbonífero [*22*, p. 25] deben atribuirse, en parte, a la gran cantidad de ácido carbónico que había en la atmósfera.

La respiración de los animales y la combustión, aumentan la cantidad de ácido carbónico en la atmósfera. Ambos fenómenos substraen, en efecto, oxígeno y exhalan ácido carbónico [1].

El hombre en 24 horas, toma de la atmósfera unos 500 litros de oxígeno y vierte en ella de 420 a 430 de anhidrido carbónico.

Por lo que respecta a la producción de este gas por la combustión, puede formarse una idea de su importancia, con sólo saber que una simple vela despide unos 20 litros por hora. [*135*, t. I p. 219. — Barcelona. — 1925].

Hay ácido carbónico excesivo en las habitaciones mal ventiladas, en las aglomeraciones humanas a puertas cerradas, en las grutas y cavernas. Son bien conocidas las Grutas del Perro y el llamado Valle de la Muerte (este último cuyo declive no permite la libre circulación del aire) donde el efecto deletéreo del ácido carbónico es tan notable.

3° GASES QUE, SIN SER PERMANENTES, SE LES ENCUENTRA, A VECES, EN MÍNIMAS PROPORCIONES. —

a) Ozono [2].
b) Compuestos amoniacales.
c) Gases sulfurosos.
d) Hidrocarburos.

---

1. La función clorifiliana de las plantas va acompañada de una función inversa, que se realiza durante el día por los órganos no verdes y en la oscuridad por toda la planta.

2. Medidas realizadas en Arosa, permiten suponer que la cantidad de ozono atmosférico, tiene un máximo en el año y que la proporción es mucho más elevada en las altas capas que en las bajas. (A. LEPAPE y G. COLANGE. "C. R. A. de París, 1° de julio de 1929").

a) El *ozono* es un oxígeno de propiedades muy activas. Se forma por efectos de la electricidad y por reacciones químicas. Sometido a 100 grados de calor pierde las propiedades que lo diferencian del oxígeno y pasa a ser este gas.

En los últimos años se ha podido determinar el papel que desempeña el ozono en la atmósfera terrestre. Como se sabe, las irradiaciones solares producen una gran cantidad de rayos ultravioletas, muy peligrosos para los organismos. El ozono obra, como una verdadera pantalla que detiene esos rayos. Fabry ha calculado que ese gas, en un espesor de 5 a 6 milímetros, podría detener todos los rayos ultravioletas enviados por el Sol, pero la cantidad de ozono existente junto a la superficie de la tierra es mucho menor y de ahí que la acción de aquellos no sea completamente nula. El ozono es, pues, un verdadero regulador de la intensidad de las emanaciones ultravioletas.

Composición química del aire en función de altura. — Las proporciones apuntadas, sólo se refieren a las que se hallan en la atmósfera contigua al nivel del mar. Más arriba y a medida que el observador asciende, las proporciones cambian, porque las moléculas de las diversas clases de gases están dotadas de velocidades distintas más grande cuanto más débil es la densidad del gas que se considera (velocidades medias: hidrógeno, 1850 metros por segundo; helium, 1200; ázoe, 500 metros; ácido carbónico, 400).

Por esta razón, en las capas más altas predominan los gases más ligeros. A 100 kilómetros de altura, según Hann, no hay sino 0.10 de ázoe y en cambio existen 99 y ½ de hidrógeno y medio de helium. El siguiente cuadro, debido al mencionado meteorologista alemán, explica mejor las diferentes proporciones de los gases según la altura.

Densidad	Azoe 0.96737	Oxigeno 1.10535	Argón 1.37752	Anhidrido carbónico 1.52990	Hidróg. 0.06990	Neón 0.6888	Helium 1.1368
a 10 km.	81.23	18.16	0.56	0.015	0.035	0.002	TRAZOS
» 20 »	84.34	15.19	0.31	0.006	0.147	0.004	0.002
» 50 »	79.17	7.03	0.03	0.000	13.645	0.000	0.126
» 100 »	0.10	0.00	0.00	0.000	99.448	0.000	0.433

Véase que el argón, el criptón, el neón y el xenón tienen una gran densidad y, por esta razón no se encuentran en las grandes alturas.

Aparte de los elementos químicos que hemos enumerado, se encuentran en la atmósfera muchas sustancias en proporciones o más o menos visibles. Los análisis del aire efectuados por el doctor Miquel, arrojan la espantable cifra de 130.000 bacterias en un gramo de polvo de las calles de París y diez veces más en el polvo de los aposentos. Con frecuencia se encuentran en esa ciudad, por metro de aire, en apariencia muy puro, hasta 15.000 bacterias.

Color de la atmósfera. — Los rayos luminosos emitidos por el Sol, son difundidos por el polvo que encuentran en su trayectoria y por los corpúsculos constitutivos del aire mismo.

Ahora bien: la física enseña que la luz blanca es el resultado de luces coloreadas superpuestas, luces que tienen para cada color una longitud de onda propia. Los diversos tintes van del rojo al violeta, en una sucesión de ondas cada vez más cortas. De este modo, la difusión en la atmósfera es tanto mayor, cuanto que la radiación difundida es más corta o dicho en otra forma más exacta, la difracción es inversamente proporcional a la cuarta potencia de la longitud de onda. De esto resulta que el violeta es difractado 16 veces más que el rojo.

No es, pues, difícil deducir, que el polvo atmosférico, difunde una luz mucho más rica en radiaciones azules y violetas que en amarillas o rojas. De ahí que, en conjunto, nos parezca el cielo de color azul.

La coloración cada vez más fuerte que se observa a medida que se asciende a las altas capas de la atmósfera, debe atribuirse a la presencia de los corpúsculos moleculares, cuya pequeñez hace que se difundan los colores de longitud de onda corta. Por una razón análoga, se ven rojos y amarillos los crepúsculos, pues los rayos horizontales atraviesan un espesor mayor de atmósfera pertenecientes a las capas bajas donde las partículas materiales en suspensión, es decir, las partículas que producen la difracción son más grandes.

Los crepúsculos rojos de 1883 y 84 fueron debidos a las cenizas en suspensión del Krakatoa y los que se vieron en Montevideo en 1922, a las de un volcán de los Andes arrastradas por las altas corrientes atmosféricas.

Exploración de la atmósfera. — El estudio de la atmósfera no debe limitarse a las capas inferiores. Para efectuar la exploración de las altas capas se recurre a diversos procedimientos. Uno de estos medios consiste en instalar, en la cumbre de las montañas, observatorios meteorológicos. Son célebres, el del Monte Blanco, en Francia, a 4.365 metros, el del Monte Rosa, en Italia, a 4.590 metros y el del Misti, en el Perú, el más alto del mundo, a 5.850 metros del nivel del mar. Las observaciones hechas en estos lugares son de incalculable interés, pero como el hombre no puede subir mucho más arriba debido al enrarecimiento del aire y a su consecuencia el mal de montaña [1], se recurrió a los globos para efectuar el estudio de las capas atmosféricas más elevadas.

En 1901, los señores Assmann y Berson, subieron en el globo *Preussen*, en los alrededores de Berlín, llegando a 10.800 metros. Allí el barómetro sólo señalaba 202.5 mm. y el termómetro casi 40º bajo cero. [2]

Pero estas ascensiones son muy arriesgadas. Basta recordar la trá-

1. El 2 de Mayo de 1922, Morshead, Sommerwell, Mallory y Norton, miembros de la expedición inglesa a la cumbre del Everest, llegaron, sin hacer uso de oxígeno, a 8.040 metros de altura.

2. El profesor Picard, de Bruselas, acaba de batir el record de altura en globo tripulado sobrepasando los 16.000 metros (1931).

gica muerte de Sivel y Croce-Spinelli, ocurrida a 8.500 metros, en Abril de 1875.

EXPLORACIÓN DE LA ATMÓSFERA. — Actualmente la meteorología emplea cuatro métodos para la exploración de la atmósfera:

1º *Los globos-pilotos.* — Son pequeños globos de caucho generalmente de 75 a 100 centímetros de diámetro, que se lanzan al espacio provistos de un gas ligero cuyo valor ascensional se conoce de antemano. Mediante un teodolito se sigue su trayectoria, lo cual permite, con el auxilio de tablas especiales y cálculos muy sencillos, conocer la dirección y velocidad del viento en las altas capas. Para que el globo-piloto pueda ser distinguido a larga distancia, se emplean de distintos colores según el estado atmosférico. Por la noche, el globo-piloto lleva, a modo de barquilla, una lamparita eléctrica alimentada por una pequeña pila seca.

2º *Los globos-sondas.* — Son también libres, pero transportan aparatos registradores que permiten conocer la presión, la temperatura y el estado higrométrico existentes a las diversas trayectorias que recorren. Al perder el gas, descienden, dejando recuperar los instrumentos gracias a paracaídas especiales de que están dotados. Estos globos pasan el límite de la tropoesfera. El profesor Gamba de la Universidad de Pavía (Italia) consiguió, en 1912, alcanzar con un globo-sonda 37.000 metros.

3º *Las cometas meteorológicas*, son del tipo celular, y su empleo es muy dificultoso debido al largo cable metálico de que están provistas. Este se desarrolla por medio de un pequeño motor. Las cometas meteorológicas permiten remontar a grandes alturas (entre 3 y 5.000 metros) aparatos registradores con la ventaja de que se les puede recuperar de inmediato. Las alturas de 8.000 metros obtenidas con esta clase de instrumentos deben reputarse excepcionales.

4º *Método por el sonido.* — Un globo-piloto se eleva llevando petardos que estallan a diferentes alturas. Aparatos registradores del sonido anotan esas explosiones, lo cual permite fijar su posición en el espacio. Este sistema, muy costoso, sirve para sondar la atmósfera con cielo cubierto o con brumas, lo cual es particularmente útil para la artillería y la aviación militar.

Altura de la atmósfera. — El primero que quiso conocerla fué Alhacen, astrónomo árabe del siglo X, quien valiéndose de la reflexión solar en las nubes superiores, la calculó en 52.000 pasos.

Laplace, considerando la gravedad, que retiene las moléculas del aire y la fuerza centrífuga que se esfuerza por separarlas, dedujo que la altura de la atmósfera no podía ser mayor de 36.000 kilómetros, porque

a mayor distancia la gravedad no actuaría sobre la masa, dejando en completa acción dispersadora a la fuerza centrífuga.

En efecto; la fuerza centrífuga creada por la rotación del globo aumenta en razón del cuadrado de la velocidad. Esa fuerza de repulsión vale en el Ecuador 289 partes de la gravedad, lo que induce a imaginar que si la Tierra anduviese con 17 veces más rapidez que ahora, los cuerpos carecerían de peso en el Ecuador, como lo demuestra el siguiente cálculo:

$$17 \times 17 = 289$$

Siendo la circunferencia entre sí como los radios, tenemos también que a una distancia 17 veces mayor que la que hay de la superficie al centro del globo y en igualdad de condiciones, la atmósfera no podría existir.

Pero la gravedad disminuye a medida que el centro de atracción está más lejos. Combinando esta disminución con el aumento de la fuerza centrífuga, se calcula que la atracción se equilibra a unas 6.64 veces el radio ecuatorial de la Tierra, resultando entonces:

$$6.377.9 \times 6.64 = 42.349.526$$

vale decir, que pasando los 42.300 kilómetros, las moléculas habrían de abandonarse al espacio.

Por su parte Teisserenc de Bort, basado en el resultado de sus exploraciones de las altas capas realizadas en 1910, calculó la altura de la atmósfera en 4 veces el radio de la Tierra. Otro procedimiento que tiene en cuenta el lugar donde empiezan a ser visibles los meteoritos, le asigna 200 kms.

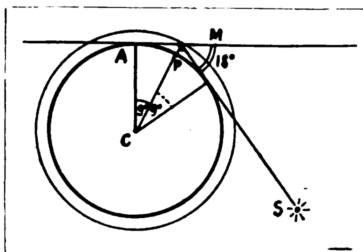


Fig. 161. — *Cálculo de la altura de la atmósfera por el crepúsculo.*

Conviene advertir, sin embargo, que estas cifras se refieren al espesor de la atmósfera teórica.

La atmósfera efectiva se calcula generalmente por la duración del crepúsculo.

Supongamos al observador instalado en el punto A (fig. 161) de la superficie terrestre: la última molécula atmosférica que los rayos solares pueden todavía iluminar y que será visible para él, se obtendrá, lanzando una tangente a la Tierra desde A, a los límites de la atmósfera. Por otra parte la experiencia muestra que el rayo solar último, tangente a la Tierra, está inclinado 18° sobre el horizonte A M. En estas condiciones sabemos que el ángulo agudo del triángulo rectángulo A C P es de 9°. El lado A C de este triángulo es igual al radio de la Tierra; la hipotenusa C P es igual a ese radio más el espesor desconocido de la atmósfera. Un cálculo trigonométrico elemental permite calcular el largo de esa hipotenusa y por consiguiente el espesor de la atmósfera. Por este medio se obtienen 80 k. de altura.

Si la atmósfera fuera ilimitada, viviríamos un día continuo, pues los rayos solares, reflejándose en las más altas capas, enviarían su luz a los diversos lugares de la Tierra. Por el contrario, si la atmósfera no existiera, veríamos sucederse los días y las noches sin grado alguno de transición, pues la duración del crepúsculo depende del espesor de las capas aéreas que envuelven la Tierra.

División de la atmósfera.—Teisserenc de Bort dividió la atmósfera en tres zonas:

La Tropoesfera

Es llamada también región de la vida. Está comprendida desde el nivel del mar a una altura media de 11.000 metros y comprende dos secciones:

a) *Zona de las perturbaciones.* — Desde 0 a 3.500 metros. En ella imperan las nubes, el vapor de agua, las lluvias, etc. La composición química de la atmósfera, debido a la mezcla de los elementos que imponen las corrientes de aire, adquiere ciertos valores que pueden considerarse más o menos constantes. En ella las temperaturas decrecen en forma irregular y es frecuente observar el fenómeno de la *inversión términa*, que consiste en que la temperatura, en lugar de disminuir con la altura crece de pronto en capas que suelen tener mucho espesor.

b) *Zona de los movimientos verticales.* Se hallan entre los 3.500 y 11.000 metros. Aún cuando, comparativamente con la anterior, predominan en ella las calmas, se señalan, no obstante, movimientos verticales del viento (movimientos de convexión) salvo en las partes más altas donde las corrientes de retorno mueven horizontalmente nubes de hielo *(cirrus)*.

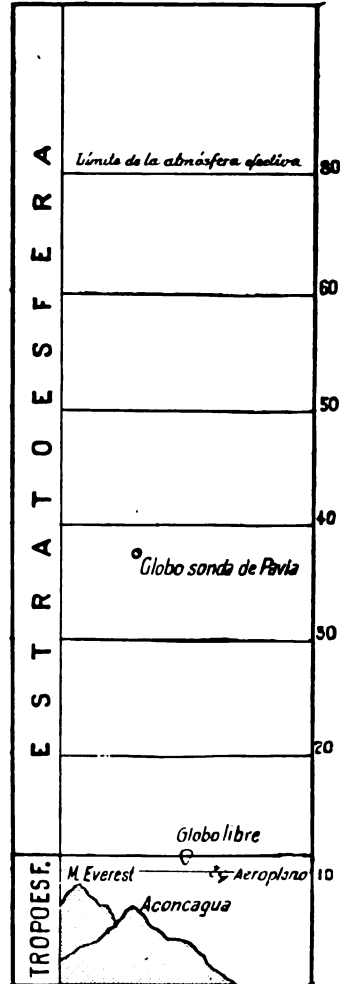


Fig. 162

Divisiones de la atmósfera.

La Estratoesfera

Desde los 11.000 a los 80.000 metros, límite de la atmósfera efectiva. Reina en ella un reposo casi absoluto, un frío intenso y el oxígeno, rarificado o nulo no admite la vida. Los cuerpos químicos, componentes de la atmósfera, se distribuyen por su

densidad colocándose en estratos que siguen una disminución de densidad logarítmica.

Más arriba de la estratoesfera, los gases están extremadamente rarificados. El poco que existe está compuesto casi únicamente de hidrógeno y de helium, pero hace su aparición un nuevo gas: el geocoronio. Este se halla mezclado al hidrógeno hasta los 200 kilómetros de altura, donde son visibles las estrellas fugaces y bólidos, pero más arriba aún, el geocoronio predomina y es en esa región donde tienen lugar las auroras polares .

I. LA RADIACION SOLAR

El calor que emana del centro de la Tierra llega tan débilmente a la superficie, que no tiene influencia en la atmósfera. Todo el calor que podemos palpar con nuestros sentidos, proviene del Sol. Las radiaciones solares trasmitidas por el éter son de tres especies: eléctricas, caloríficas y luminosas, cuya diferencia sólo consiste en la *longitud de onda.* Las más largas son eléctricas, las medianas caloríficas y las más cortas luminosas.

Las que interesan a la Meteorología son las caloríficas, aún cuando en rigor todas las radiaciones solares son caloríficas, sin excluir a las ultravioletas que son las que tienen esa propiedad en menor grado.

El estudio de las radiaciones solares en todas sus manifestaciones, constituye la parte de la física denominada *Actinometría* [1] (insolación, temperatura y polarización). Aquí sólo trataremos los dos primeros puntos.

Constante solar. — Se ha convenido en llamar *constante solar* a las radiaciones que nos envía el Sol. Al comienzo de esta clase de estudios, se creyó que era invariable, pero más tarde se pudo comprobar que estaba sujeta a muchas vicisitudes. La constante solar se define como *la cantidad de calor, avaluada en pequeñas calorías, que recibe por minuto una superficie expuesta perpendicularmente a los rayos solares y medida en el límite superior de la atmósfera.*

Para obtener este límite, hay necesariamente que recurrir a avaluaciones indirectas. El verdadero problema estriba en averiguar la cantidad de radiación solar que llega al límite de la atmósfera, cuánta a la superficie terrestre y qué se hace de la diferencia entre ambas. Se comprende toda la incertidumbre de estos problemas. El límite real de la atmósfera es aún una incógnita. La altura que se le asigna, varía mucho según el sistema de cálculo utilizado y las medidas del calor recibido en la superficie está lejos de haber alcanzado la precisión indispensable. Pero había necesidad de hacer una definición que la independizara de la *absorción* que sufren los rayos solares al atravesar las di-

1. **Actinometría**, proviene del griego "actis - inos" rayo de sol y de "metron", medida.

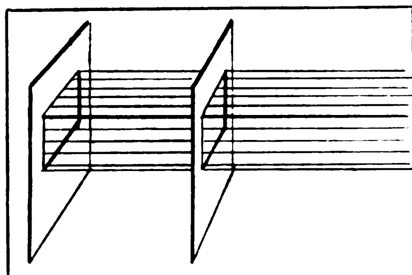


FIG. 163. — *Rayos solares proyectados en una pantalla normal a la dirección de ellos.*

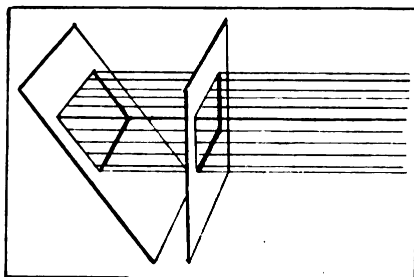


FIG. 164. — *Rayos solares proyectados en una pantalla inclinada con respecto a su dirección.*

ferentes capas del aire y por eso se adoptó el límite del envolvente gaseoso del planeta.

Absorción y transparencia. — Los dos elementos fundamentales que se oponen a una justa avaluación de la radiación solar, son la absorción y la transparencia del aire. El calor enviado por el Sol a la Tierra, sufre, antes de llegar a la superficie de ésta, una absorción que depende principalmente de la inclinación de los rayos solares y de la transparencia del aire. Se denomina *coeficiente de transparencia*, a la fracción según la cual el pasaje del rayo calorífico a través de la atmósfera, reduce la intensidad de la radiación solar. Así, 0.8, quiere decir que la atmósfera absorbe 2 décimos del calor radiado y deja pasar 8. La transparencia absoluta es, pues, representada por la unidad.

LEY DEL COSENO DE LA OBLICUIDAD DE LAMBERG. — *Una superficie horizontal expuesta a una radiación oblicua recibe la misma cantidad de calor que su proyección sobre un plano normal a la radiación.*

Por ejemplo: un haz de rayos solares que pasen verticalmente por una abertura de un centímetro cuadrado, proyectará en una superficie normal a ellos, un centímetro cuadrado de sol; y un haz de rayos solares, de un centímetro también, pero cayendo inclinados sobre la pantalla, proyectará una superficie luminosa mucho más grande (figura 163 y 164) por lo cual la misma cantidad de color tendrá que repartirse en mayor superficie y a cada parte le corresponderá menor cantidad de calor.

Por la misma razón, los rayos solares se reconcentran en una superficie más pequeña en el ecuador que en los polos y su acción térmica es menor en los polos que en el ecuador.

LEY DE LA ABSORCIÓN O DE BOUGUER. — *Para un coeficiente dado de transparencia, la cantidad de calor trasmitido decrece en progresión geométrica cuando la masa atmosférica atravesada crece en progresiva aritmética.*

Suponiendo que el coeficiente de transparencia sea 0.08 y que el sol forme con el horizonte un ángulo de 40º, el calor que llega hasta el suelo es el 50 % del que llegaría si los rayos cayeran verticalmente. Si en lugar de formar un ángulo de 40º forma sólo uno de 10º el calor recibido es igual al 20 %. Por otra parte, cuando el Sol está a 60º sobre el horizonte, la masa atmosférica que atraviesan sus rayos es de 1.2; pero cuando se halla cerca del horizonte, alcanza el valor de 40º. Se comprende, pues, cómo la fracción que expresa la transparencia, elevada a la cuatrigésima potencia, vuélvese muy pequeña y que la cantidad de calor recibido por las capas atmosféricas sea, en esas condiciones, insignificante.

Instrumentos para medir la radiación solar. — La radiación solar se mide, por lo general, en los Observatorios centrales o en las estaciones de 1ª clase.

Los instrumentos actnométricos son de dos clases: el *actinómetro* y el *pirheliómetro.* [1]

LOS ACTINÓMETROS son de muy diversas clases, pero uno de los más usados es el *Actinómetro de Arago.* Consiste éste en dos termómetros de mercurio absolutamente iguales, encerrados en sendos recipientes de vidrio en los cuales se ha hecho el vacío casi absoluto.

Uno de dichos termómetros tiene la ampolla recubierta con negro de humo y el otro en las condiciones generales de los termómetros. Exponiendo ambos termómetros a la acción simultánea y en igualdad de condiciones a la acción solar, se advierte que la columna del termómetro con negro de humo sube más que la otra. En las horas de mayor insolación, la diferencia suele llegar a 15º. Por el contrario, después de la puesta del sol, la columna del termómetro limpio es la que sube más, aún cuando la diferencia nocturna no es tan marcada como la diurna.

El exceso de temperatura revelado por la columna del termómetro ennegrecido sobre la del termómetro común, se considera proporcional a la radiación solar.

Con las instrucciones de Violle, profesor de la Escuela Normal Superior de París, el ingeniero Jules Richard ha compuesto un actinómetro registrador cuyo estudio no corresponde a un texto de esta clase.

Por lo demás, en los últimos años, los observatorios han dado preferencia a los *piheliómetros* y *solarímetros*, aparatos termoeléctricos registradores, que tampoco corresponde describir aquí.

VALOR DE LA CONSTANTE SOLAR. — Las cifras halladas por los diversos autores que se han propuesto encontrar el valor de la constante solar difieren según el método empleado en el cálculo y los instrumentos utilizados. Por lo general, se ha adoptado como valor de la constante solar 2.75.

1. **Pirheliómetro,** proviene del griego "pir - pirós", fuego, de "helios", sol y de "metron" medida.

Según el americano Abbot, las variaciones de la constante presentan cierta concordancia con la variación de las manchas solares según veremos después.

Debe agregarse que mientras ciertos elementos meteorológicos, como la presión y la temperatura no sufren cambios bruscos en pocos minutos sino excepcionalmente, la intensidad de la radiación solar, medida en la superficie de la Tierra da, en general, variaciones casi instantáneas e irregulares debidas no solamente a las nubes, sino también a velos muy ligeros, frecuentemente invisibles a simple vista, a humo o a la interposición de las diferentes capas de aire desigualmente húmedas y diversamente absorbentes para los rayos solares. [1]

II. LA INSOLACION

Se llama insolación al número de horas durante las cuales el Sol se halla sobre el horizonte y envía los rayos a la Tierra sin estar interceptados por las nubes. Algunos autores la denominan *horas útiles de sol* y también *fracción de insolación,* aludiendo esta última forma al total de horas que, según el cálculo astronómico el sol debiera alumbrar si no existiera obstáculo en la trayectoria de sus rayos.

Aparatos para medir la insolación. — Generalmente se usan dos clases de aparatos para medir la insolación: el heliofanógrafo de esfera de vidrio y el heliógrafo. Aquí sólo mencionaremos el primero.

Heliofanógrafo de Campbell - Stokes. — Consiste en una esfera de vidrio maciza de unos 8 centímetros de diámetro que se fija sobre un soporte vertical de modo que los rayos de sol puedan tocarla todo el día. Una banda metálica curva, concéntrica a la esfera está dispuesta a una distancia que coincide con el foco de la lente que dicha esfera constituye. La banda metálica tiene un dispositivo que permite fijar en tres alturas diferentes una banda de cartón dividida en horas y medias horas. Los rayos solares al tocar la esfera de vidrio se reconcentran en un foco y éste carboniza la banda. Ahora bien: como la imagen del sol se desplaza en el curso del día como consecuencia del movimiento aparente del astro, se produce en el cartón un trazo carbonizado. Se explica, pues, que cuando los rayos solares son interceptados por una nube, la carbonización se corta.

Basta entonces ver entre qué trozos de la banda está carbonizada para saber a qué horas ha habido sol y a cuáles no, así como el número total de sol efectivo con sólo sumar las horas que corresponden a la carbonización. La manera de instalar este aparato, se consigna en instrucciones especiales.

---

1. **Gorezynski Landislao.** "Quelques resultats de mesures de l'intensité du rayonnements solaire obtenues au Sahara en 1924 - 1926, avec les pyrhéliomètres. — LA METEOROLOGIE", Enero a Marzo de 1929.

III. LA TEMPERATURA

La moderna física admite que el calor resulta de un movimiento desordenado de las moléculas. De ésto se deduce que cuánto más rápido es el movimiento molecular, más caliente se halla el cuerpo. Una bala detenida bruscamente por una plancha de acero, se calienta fuertemente en razón de la transformación del movimiento traslativo que lleva en movimiento molecular. Luego se puede decir con los físicos que el *calórico es una forma de la energía.*

El calórico es la causa de nuestras sensaciones de calor y de frío. Si dos cuerpos nos dan, al tacto, la misma sensación de frío o de calor, decimos que poseen igual *temperatura.* Por el contrario si uno nos parece que está más caliente que el otro, afirmamos que su temperatura es superior. Si tenemos la impresión de que está más frío aseguramos que la temperatura es inferior. Se explica, pues, que careciendo nuestros sentidos de un modo preciso de avaluar estas diferencias, tengamos que apelar a otros procedimientos de medida para decir en cuánto es mayor o menor el calor apreciado. Este procedimiento es puramente comparativo y lo expresamos por cifras que traducen la *temperatura.* Para hacer apreciaciones exactas de ésta, se recurre al *termómetro.*

Importancia de las medidas térmicas para la meteorología. — La meteorología moderna concede importancia capital al estudio de las variaciones de la temperatura atmosférica. Los investigadores que podríamos llamar clásicos juzgaban que el mecanismo general del aire estaba principalmente regulado por las variaciones de la presión y por eso relegaron a segundo término la medida de la temperatura. Los investigadores noruegos, franceses, alemanes y norteamericanos de los últimos años han demostrado, precisamente, que la temperatura es la que engendra las variaciones barométricas. [1] La escuela noruega, sobre todo, abordando el conocimiento del llamado *Frente Polar,* cree, como veremos después, que las perturbaciones atmosféricas son consecuencia del choque de masas de aire frío y caliente. Puede así colegirse la enorme importancia que para los estudios meteorológicos tiene la medida precisa de la temperatura.

Aparatos para la medida de la temperatura. — La meteorología se sirve de dos clases de instrumentos para la medida de la temperatura: termómetros de lectura directa y termómetros registradores o termógrafos.

Los primeros son los llamados a proporcionar las cifras exactas de las observaciones, pero tienen el inconveniente de que no proporcionan

1. Ni aún mismo la escuela meteorológica que basa sus especulaciones en la heliofísica excluye estos conceptos, según veremos más adelante.

las variaciones sucesivas y continuadas del elemento que se estudia. Los segundos, en cambio, destinados a registrar esas variaciones tal como si la observación fuera ininterrumpida, presentan la desventaja de ofrecer, a veces, los datos con ciertos errores que exigen correcciones sistematizadas y obtenidas mediante la comparación con los termómetros de lectura directa. Desde luego, no disponiéndose de termómetros de esta clase, no deben usarse los registradores de temperatura, porque los datos que proporcionan sin las correcciones, están sujetos, a los pocos días de marcha, a grotescas diferencias con la realidad.



(Fot. Pablo Ferrando).

FIG. 165. — *ABRIGO METEOROLOGICO. Observatorio de la Universidad de Montevideo.*

ABRIGOS METEOROLÓGICOS.—Para una obtención buena de la temperatura, es imprescindible disponer de abrigos especiales que no sólo sirven para los termómetros, sino también para otros instrumentos. Las lecturas termométricas exigen ciertas precauciones para garantizar que el termómetro registre las temperaturas reales del aire y no la irradiada por objetos vecinos o por la llegada directa de los rayos del sol hasta el instrumento.

Por lo general, en los observatorios y estaciones meteorológicas se usan dos tipos de abrigos: el tipo inglés y el tipo francés o de Montsouris. En el Observatorio de la Universidad de Montevideo y en las Estaciones de 1ª clase instaladas en los Liceos Departamentales, como dependencia científica de aquél, se usa el abrigo inglés con ciertas modificaciones introducidas por el Profesor Giuffra teniendo en cuenta las condiciones especiales del clima rioplatense.

Se compone de una casilla rectangular, sostenida por cuatro pies adosados fuertemente al suelo con el objeto de evitar que los vientos fuertes la hagan vibrar con perjuicio de las indicaciones de los instrumentos que guarda. Las cuatro caras verticales de dicha caja están formadas por persianas dispuestas de modo que el aire pueda circular ampliamente en el interior y salir sin esfuerzo.

Una de las caras grandes se abre en dos puertas por medio de bisagras verticales. El techo está formado por un tablón en el cual se han practicado agujeros de un centímetro de diámetro. Encima de este techo, a una distancia de 20 centímetros más o menos, hay otro techo de tabla forrada exteriormente de zinc cuyas dimen-

siones son algo más grandes que las del anterior, de suerte que sobresalga algunos centímetros a los lados y sirva de abrigo a las persianas contra la lluvia. En el modelo modificado por Giuffra, los aleros sobresalen mucho, en virtud de la frecuencia de los vientos fuertes que soplan en el Río de la Plata y que dan una gran inclinación a las gotas de lluvia.

El fondo de la casilla inglesa está formado por tablones dispuestos en dos niveles desencontrados, a objeto de que la radiación del suelo no afecte las temperaturas registradas por los termómetros. En el modelo de la Universidad esta disposición en "chicana" ha sido sustituido por un simple envarillado que permite la libre circulación del aire con mucho más amplitud. El peligro de una radiación del suelo, ha sido conjurado con una elevación mayor que la habitual dada a los soportes. (Figura 165). Las puertas del abrigo deben estar colocadas en el hemisferio austral, de frente al sur (orientación a brújula con declinación magnética). Es condición esencial que el ángulo de sombra dado por el abrigo proteja bien a toda hora, de los rayos del sol, los aparatos instalados dentro de él.

El abrigo francés, tipo Montsouris, es inadecuado al clima ventoso de los países del Plata.

Termómetro normal. — Es de mercurio, de cubeta cilíndrica. La varilla está graduada de — 10 a + 50 comúnmente. Debe colocarse dentro de la casilla verticalmente, pues por razones del principio sobre el cual se ha construido, la marcha de la columna de mercurio en el espacio capilar, debe ser librada, lo más posible, de todo roce. El termómetro normal debe leerse a las 7, a las 14 y a las 21 h. que son las horas reglamentarias.

Termómetros de máxima y de mínima. — Para obtener las temperaturas extremas sin necesidad de observar permanentemente el aparato, se usan los llamados termómetros de máxima y de mínima.

El de máxima es de mercurio y debe colocarse, dentro del abrigo, *casi* horizontal. Difiere del termómetro normal en que presenta una extrangulación en la varilla muy cerca del recipiente. Cuando la temperatura se eleva, el mercurio se dilata y no le es comprensible salvar sin dificultad la parte estrecha de la varilla; pero cuando la temperatura desciende, como no existe ninguna fuerza que empuje el mercurio hacia el depósito, toda la parte de la columna que ha franqueado la extrangulación, permanece en el espacio capilar. La temperatura debe leerse en la extremidad de la columna de mercurio opuesta a la cubeta. Para que el termómetro esté en condiciones de funcionar, después de haber sido utilizado, debe hacerse descender el mercurio hasta la cubeta centrifugándolo con un cuarto de vuelta por medio del brazo, y con el depósito vuelto hacia abajo. El termómetro de máxima estará en condiciones de volver a funcionar, cuando después de esta operación, el mercurio remonta hasta la temperatura que en ese momento, señale un termómetro normal.

El termómetro de máxima debe leerse a la h. 7 y a la h. 18. En la primera lectura se bajará la columna.

El mercurio leído a la hora 7, corresponde al máximo real y es el que

se utiliza en los cálculos de la temperatura media. El máximo leído a las 18 h. es una temperatura máxima provisoria.

El *termómetro de mínima* es de alcohol incoloro y debe colocarse en el abrigo horizontalmente con la cubeta algo más baja que el tubo. Su tubo está encorvado cerca de la ampolla. El líquido de la columna lleva sumergido un hilo de cristal o porcelana, generalmente negro o azul, rematado en cada extremo por una pequeña esferilla. El hilo constituye el *índice*. Cuando la temperatura sube, el alcohol pasa entre las paredes del tubo y el índice sin que éste se desplace. Cuando la temperatura desciende, la extremidad superior del índice es arrastrada por adherencia con el menisco cóncavo de la extremidad de la columna de alcohol.

Para ponerlo en condiciones de volver a funcionar, basta colocarlo breves instantes verticalmente con la cubeta hacia arriba. Por su propio peso el índice correrá hacia el otro extremo, deteniéndose en el menisco de alcohol. El termómetro de mínima debe leerse a la hora 7 y a la hora 14. Este último es el dato real; el otro es provisorio. [1]

LOS TERMÓMETROS REGISTRADORES. — Los termógrafos o termómetros registradores son de líquido y bimetálico. Los primeros son los más usados.

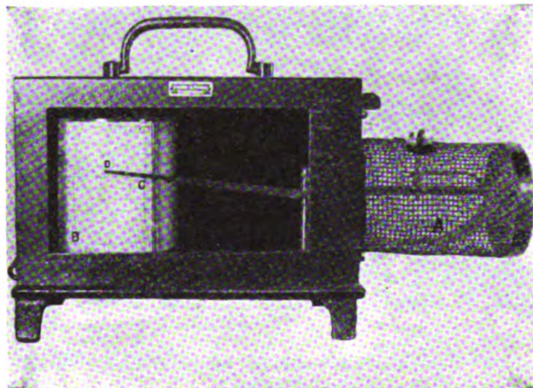
El termógrafo, como todos los registradores, tiene tres partes esenciales: un órgano sensible; un trasmisor y amplificador y un tambor registrador.

Los termógrafos de líquidos están basados en la experiencia de que encerrando en un tubo de sección oval y encorvado en círculo una porción de líquido dilatable desprovisto enteramente de aire (alcohol, petróleo o tolueno) el radio de curvatura aumenta con la temperatura, de modo que fijándolo a un soporte por un extremo *A*, el otro *B* descenderá o subirá proporcionalmente a la variación experimentada. Este movimiento se trasmite a un brazo inscriptor que describe un arco y se apoya con una pluma sobre un tambor en cuyo interior hay una máquina de relojería que le obliga a dar una vuelta completa en 24 h. (tambor diario) o en una semana (tambor semanal).

El brazo inscriptor debe ser regulado a breves intervalos por medio de un tornillo especial y valiéndose de las lecturas del termómetro normal.

1. La buena lectura del termómetro exige algunas precauciones: no acercarse demasiado al termómetro; colocarse delante de la boca y de la nariz un lienzo para evitar que el aliento caliente el termómetro: hacer la lectura lo más rápidamente posible, empezando por la apreciación de los décimos y luego del grado. Esto evita la influencia inevitable de la presencia del cuerpo sobre la lectura decimal; hacer la lectura de modo que la pupila quede a la misma altura que la extremidad de la columna de mercurio: una visual demasiado alta, puede dr un grado de diferencia en menos; otra demasiado baja hace subir hasta un grado demás la lectura que corresponde; cerciorarse que el termómetro no esté húmedo, puesto que así puede dar temperaturas inferiores a la real.

Diatermancia del aire. — Los rayos solares no calientan la atmósfera directamente, es decir en su viaje del Sol a la superficie terrestre. Los físicos han demostrado que el rayo de sol al atravesar la atmósfera, sólo deja en ella un cuarto de su valor total. Quiere decir ésto que los rayos caloríficos directos atraviesan fácilmente la atmósfera, o de otra manera, que la atmósfera es transparente a los rayos directos del Sol. A esta facultad que tiene el aire y algunos otros cuerpos como el vidrio, por ejemplo, de dejarse atravesar por los rayos caloríficos del sol, se llama *diatermancia*. El aire es diatérmano para el calor directo del sol, pero no lo es para el calor oscuro. Si cerramos una habitación y dejamos que penetren por los vidrios de la ventana los rayos solares, al rato notaremos que se eleva la temperatura. Quiere decir esto que el calor que penetra por los cristales no puede salir. ¿Cuál es la causa de ello? El calor directo del Sol, cambia de naturaleza al ser absorbido y despedido por la Tierra o las cosas que en ella se encuentran. Es la misma diferencia que hay entre el calor que nos sirve para calentar una plancha y el que se desprende de ésta después de calentada. A este nuevo estado de calor, se llama *calor oscuro* y al revés del calor directo, no puede atravesar el vidrio. En suma: el calor oscuro no puede ser devuelto por el aire y reteniéndolo éste, eleva la temperatura. Puede afirmarse, pues, que en general, el aire se calienta de abajo para arriba, a la inversa de lo que se cree generalmente. El descenso de la temperatura a medida que subimos una montaña, se explica entonces por estas nociones.



(Fot. P. Ferrando).
FIG. 166. — *Termógrafo (existente en el Observatorio de la Universidad de Montevideo).*

Variaciones diarias de la temperatura. — Las variaciones que sufre la temperatura atmosférica durante el día, pueden agruparse así: variaciones irregulares y variaciones regulares.

Entre las primeras deben incluirse las originadas por causas accidentales, como ser, llegada de corrientes de aire más calientes o más frías que el aire ambiente e interposición de nubes entre los rayos solares y la Tierra. El valor de estas modificaciones, del punto de vista metereológico, es poco importante, pues las variaciones son ya en un sentido ya en otro, y por lo mismo sus efectos se anulan.

Más importantes son las variaciones regulares. Para efectuar su estudio se recurre al conocimiento de las *temperaturas normales*. La tem-

peratura normal es la media obtenida por la observación, a una hora determinada de cierto día, durante una serie de años. Las normales de las diferentes horas de un día dan la temperatura de ese día, sin las irregularidades accidentales.

Se llama *temperatura media diurna,* el producto que resulta de sumar el valor de las temperaturas horarias, dividido por veinticuatro. Hay otro método para obtener la temperatura media diurna y consiste en sumar la máxima y la mínima y dividirlas por dos, lo cual puede expresarse así:

$$\frac{M + m}{2}$$

También puede obtenerse la media diurna agregando a las cifras de las 7, las 14 y las 21, la máxima y la mínima divididas por 5. Llamando *a* a la observación de las 7, *b* a la de las 14 y *c* a la de las 21, se obtiene:

$$\frac{a + b + c + M + m}{5}$$

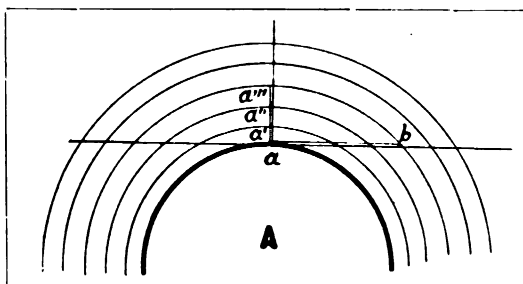


Fig. 167. — *Los rayos solares verticales atraviesan un espesor menor de la atmósfera que los horizontales.*

La temperatura mínima ocurre por la mañana, poco antes de levantarse el Sol sobre el horizonte. Esto es bien fácil de explicar: durante la noche, la Tierra despide, hacia los espacios, el calor que ha recibido durante el día. El máximo de enfriamiento debe ocurrir, pues, a la última hora de la madrugada, es decir, al comenzar el nuevo día. En Montevideo la temperatura mínima se registra 5 o 7 horas antes de pasar el sol por el meridiano, según la estación.

A medida que asciende el Sol sobre el horizonte la temperatura va siendo más alta. Dos causas concurren para producir este efecto: 1º la mayor verticalidad de los rayos solares; 2º el trayecto más corto, de los rayos caloríferos, a través de las capas de aire poco diáfanas.

La fig. 167 demuestra claramente esto último. Sea *A* una parte de la Tierra y *a* el punto de observación. Las capas sucesivas *a' a'' a'''* son masas de aire. Es natural que las capas más cercanas a la superficie, mantengan en suspensión mayor número de partículas orgánicas y minerales que enturbian su diafanidad. Cuando el Sol está en la dirección *a b* el espesor de la atmósfera cargada es tres veces mayor que cuando se encuentra en la dirección *a a'''*.

Teóricamente, pues, el máximo de temperatura debe ocurrir a las 12, hora en que el Sol está más vertical.

Pero en la práctica no ocurre así. El máximo se registra siempre con atraso: una hora después en el verano y dos horas en el invierno.

Esto se debe a la diferencia que hay entre las horas de insolación y las horas de noche. Si no hubiera crepúsculo (que en realidad es parte de la noche) y si la Tierra no estuviera inclinada sobre el plano de la eclíptica, las horas de luz y de oscuridad serían iguales y entonces el máximo de temperatura ocurriría exactamente a la hora de pasar el Sol por el meridiano. Pero entre la noche, propiamente dicha, y el crepúsculo suman más horas de oscuridad que de luz (o sean de enfriamiento que de calor) y de ahí que cuando el Sol se encuentra en el punto más próximo a la vertical, no ha conseguido aún restituir la totalidad del calor perdido en la noche. Como en el verano, las horas de Sol son más, se explica por solo ésto, el adelanto que sufre la producción de la máxima.

Después de la máxima empieza el descenso general de la temperatura hasta la madrugada.

La diferencia que hay entre la máxima y la mínima de temperatura diaria se llama *amplitud diurna*. En general, la amplitud diurna crece desde los polos al ecuador, porque en las latitudes muy altas, el Sol se levanta poco sobre el horizonte y no es entonces fuerte la elevación de la temperatura durante el día. En el ecuador, en cambio, el Sol se aproxima mucho al zenit y el día dura doce horas, de suerte que la variación es intensa y se realiza en corto espacio de tiempo.

Las estaciones tienen también mucha influencia en la amplitud de la temperatura, sobre todo en las latitudes medias. En el ecuador, en efecto, las variaciones por causa de la estación son apenas considerables, pero en los países situados como el nuestro, la amplitud es mayor en verano que en invierno.

Hay que agregar que las nubes y la naturaleza del suelo, provocan igualmente modificaciones en la amplitud. Si las nubes cubren totalmente el cielo durante el día, la amplitud es débil. Ciertas clases de terrenos, como las arenas, por ejemplo, absorben mucho calor durante el día y lo devuelven rápidamente durante la noche. La amplitud diurna del aire que las cubre, es entonces de gran intensidad.

Los terrenos abundantes en agua, dan, en cambio, a la atmósfera, una amplitud débil, porque retienen mucho el calor recibido.

Son frecuentes y característicos de nuestro clima los saltos bruscos de temperatura debido a los cambios en la dirección del viento.

En ciertos momentos suele descender el termómetro hasta 8 grados, en el término de unos pocos minutos. Durante la iniciación de un fuerte viento del Oeste, en 1906, el termómetro dió un salto de más de 11 grados.

Variación anual de la temperatura. — *Temperaturas extremas.* — La "temperatura media mensual", se obtiene sumando todas las temperaturas medias diurnas y dividiendo el total por el número de días de que consta el mes. Para conseguir la *temperatura media anual*,

se suman todas las temperaturas medias mensuales y se dividen por 12.

La amplitud de la temperatura anual crece desde el ecuador a los polos. Esto se comprende fácilmente sabiendo que entre el verano y el invierno no existen casi diferencias térmicas en la región ecuatorial y que esas diferencias se acentúan hasta hacerse muy notables, a medida que el punto está más cercano al polo.

La *temperatura media anual*, no es un dato que caracterice bien los climas de los países como se desprende de la lectura de algunas geografías. Según veremos después, el clima es un conjunto de factores, entre los cuales, la temperatura es uno de verdadera importancia, pero al que no se puede atribuir una función absoluta. Dos países con temperaturas medias anuales iguales, pueden ser de clima muy distinto. Por ejemplo, un país donde las temperaturas oscilan poco alrededor de los 10° durante todo el año, tiene una media anual de 10°. Otro país que tiene medias de los meses fríos de 0° y medias de los meses calurosos de 20°, arroja también una media anual de 10°. Acaso por esto se vea escrito en algunas obras de texto que Quito tiene un clima análogo al de Montevideo!

Caracteriza mejor la variación térmica de un lugar, la consideración de las medias relativas al mes más frío y al mes más caliente, así como la consideración de las máximas y de las mínimas extremas.

Así, en nuestro país, la media de Enero arroja 22° y la de Julio 10°50. Esto no impide que las temperaturas máximas y mínimas extremas se aparten bastante de esas cifras. Por ejemplo, la temperatura más alta registrada en el Uruguay es de 44° al sol y la mínima de 4.5 grados bajo cero al abrigo y de 6°10 a la intemperie (11 de Julio de 1925).

La temperatura máxima extrema registrada en el globo (a la sombra) es de 58°, en la llanura de Jefara a 40 millas de Trípoli, el 13 de Setiembre de 1922 y la mínima extrema de 73° bajo cero, observada en Verkhoiansk (Siberia Oriental) [1].

La temperatura en función de altura. — A medida que se asciende en la atmósfera las temperaturas van siendo menores. Ya hemos dicho, en otro lugar, que la diatermancia del aire es causa principal de ello. Pero además hay otras causas que originan el enfriamiento en función de altura. Una de ellas es la propiedad del aire, como todo cuerpo, de enfriarse con la expansión. La experiencia del émbolo neumático, es, a este respecto, muy elocuente. Cuanto más alto está el aire atmosférico se halla más enrarecido y por lo tanto más frío.

Además en las altas capas atmosféricas hay menos corpúsculos materiales y vapor de agua en suspensión que en las capas bajas. Como es sabido estas substancias absorben el calor en las capas inferiores.

---

1. Lo curioso es que esos 73° bajo cero fueron observados en el mes de Diciembre y en Julio siguiente el termómetro marcaba 31° (a la sombra). Es decir, una diferencia de 104°.

La termodinámica puede calcular, por el calentamiento adiabático, las temperaturas a diversas alturas, pero ese cálculo debe tener en cuenta, además, un factor muy variable: la cantidad de vapor de agua.

Así, por ejemplo, a medida que se sube en un aire perfectamente seco, la temperatura disminuye 1º por cada 100 metros de ascensión, pero si el aire está saturado de humedad deben subirse 200 metros para producir la disminución de un grado. Por eso los aviadores calculan la disminución de 1º por cada 180 metros, o sea 0,56 por 100. Pero las exploraciones de las altas capas de la atmósfera enseñan que este decrecimiento de la temperatura con la altitud, presenta dos excepciones: la *inversión de temperaturas* y la *capa isoterma.*

El primer fenómeno, consistente en encontrar capas donde la temperatura crece en lugar de disminuir a medida que se sube, debe atribuirse a las corrientes ascensionales del aire superficial (movimientos de convexión, etc.).

El segundo, parece ser consecuencia de un hecho análogo al primero y consiste en que a una altura que varía entre los 10.000 y 15.000 metros hay una capa permanente de aire, en todas las regiones del globo, donde la temperatura no desciende, sino que se mantiene uniforme o aumenta: a esto se llama *capa isoterma.* Pero esta no se encuentra en todas las zonas a igual altura ni las temperaturas más frías corresponden al polo. En efecto: todos los sondajes practicados, han obtenido las temperaturas más bajas, en las regiones tropicales y demuestran que en el polo tienen de 20 o 30º más. Otro detalle notable: la capa isoterma está sobre el ecuador de 16 a 17.000 metros!!

A partir de los 15.000 metros, la temperatura desciende gradualmente hasta los 80.000 metros (límite de la atmósfera efectiva) donde alcanza 100º bajo cero. Pero ¿y después? ¿Cómo llega el aire a adquirir los 273 bajo cero del espacio? La ignorancia de la ciencia es, a este respecto, absoluta.

Isotermas y su distribución general. — Se llaman isotermas a unas líneas imaginarias que unen todos los puntos de la Tierra de temperatura media semejante.

Estas cartas pueden ser: 1º *De isotermas simultáneas* consignando las temperaturas observadas en un momento dado del día. Tienen un gran valor para la predicción del tiempo. 2º *Isotermas normales,* cuando las temperaturas medias de un día, de un mes o de un año.

La latitud influye principalmente en la temperatura de las distintas partes del globo; su acción no prepondera en el trazado de las líneas isotermas, que lejos de seguir la dirección de los paralelos, con frecuencia señalan curvas muy pronunciadas de muchos kilómetros de amplitud. Es que la temperatura no está solamente determinada por la distancia al Ecuador, sino que en ella influyen de modo muy notable la naturaleza del suelo, la altitud con respecto al mar, los vientos dominantes, etc.

Tenemos así que el *Ecuador térmico,* en lugar de coincidir con el

Ecuador geográfico, se encuentra enteramente colocado en el hemisferio septentrional, más cálido que el hemisferio austral, sin duda por la mayor presencia de tierras.

La atenta observación de los dos mapas adjuntos, (Figs. 168 y 169) arroja datos generales sobre la temperatura del mundo entero. Se acostumbra ahora a tomar los meses extremos que dan una idea de la amplitud térmica. Las isotermas de verano se llaman *isóteras;* las del invierno *isoquímenas.*

EN EL MES DE ENERO (verano del hemisferio Sur) podemos ver, como característica, una línea cerrada de 30 grados situados sobre los desiertos; tales son los de Atacama (en Sud América); el de Kalahari (en Africa) y el de Australia. La isoterma de 25 grados penetra en Sud América por el Sur del Golfo de Guayaquil, desciende a lo largo de la Cordillera de los Andes al norte del Río de la Plata. Asciende en el Atlántico y vuelve a descender a lo largo de la costa de Africa. Vuelve a acercarse al Ecuador en el Indico, pasa por el Sur de Australia y se cierra sobre la costa peruana. Las otras líneas, son más o menos paralelas a la descripta.

En el mismo mes de Enero es invierno en el Hemisferio Norte. La isoterma de 0 grado pasa por Nueva York y se dirige muy al Norte, a través del Atlántico, por la influencia de la Corriente del Golfo. Llega más allá de Lofoden y desciende por la costa de la Escandinavia, cruza Alemania, se acerca al Adriático, pasa al Norte del Mar Negro, atraviesa el Caspio y cruza toda la China, saliendo a la altura del Mar Amarillo. El Kurosivo le lleva al Norte y después de recorrer la parte Sur de Alaska, penetra en los Estados Unidos por el Sur de Vancouver.

La línea de 25 es más o menos paralela al Ecuador y puede verse, además, un círculo de 35 grados bajo cero, al Norte del Canadá y uno de 40 grados bajo cero en el Norte de Siberia *(Polo frío del mundo).*

EN EL MES DE JULIO (verano para el hemisferio Norte) hay una línea cerrada de 30 grados sobre el Colorado (Norte América) y de 35 grados sobre el Sahara (Africa), Arabia y desierto de Gobi (Asia). La línea de 25 grados sube sobre los continentes y desciende sobre los mares. La línea de 0 grado está cerca del polo.

En el hemisferio Sur (invierno) la línea de 25 grados pasa alternativamente al Norte y al Sur del Ecuador y la de 0 grado se acerca al Sur de Tierra del Fuego. En general, las isotermas son paralelas.

Repartición real del calor en la Tierra. — *Teoría de Bjerknes.* — Las líneas isotermas normales, no expresan sino una *media* que rara vez o casi nunca coincide con la realidad de un momento dado. La distribución gradual de las temperaturas desde el Ecuador al Polo, como muestran las isotermas normales anuales, tampoco es real. Si, en efecto así sucediera, no habría temporales. Algo análogo podría decirse en

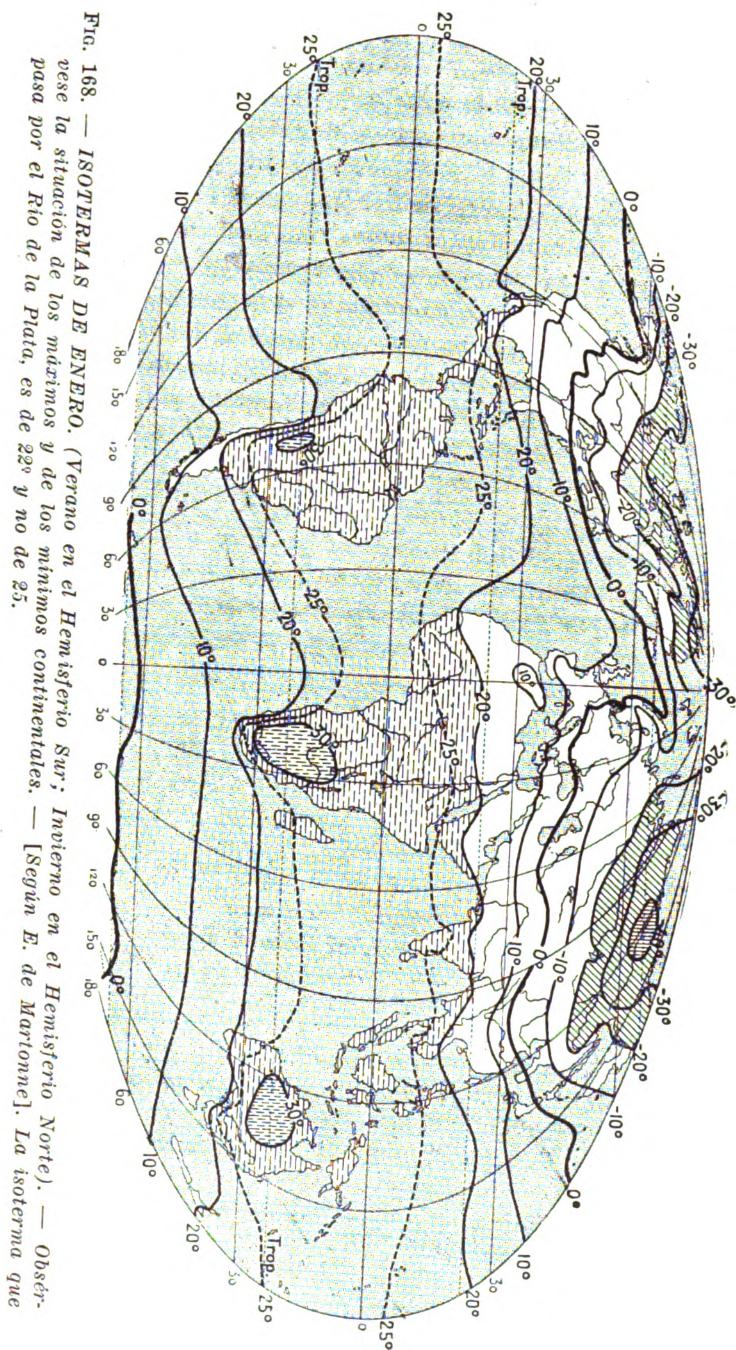


Fig. 168. — *ISOTERMAS DE ENERO. (Verano en el Hemisferio Sur; Invierno en el Hemisferio Norte). — Obsérvese la situación de los máximos y de los mínimos continentales. — [Según E. de Martonne]. La isoterma que pasa por el Río de la Plata, es de 22° y no de 25.*

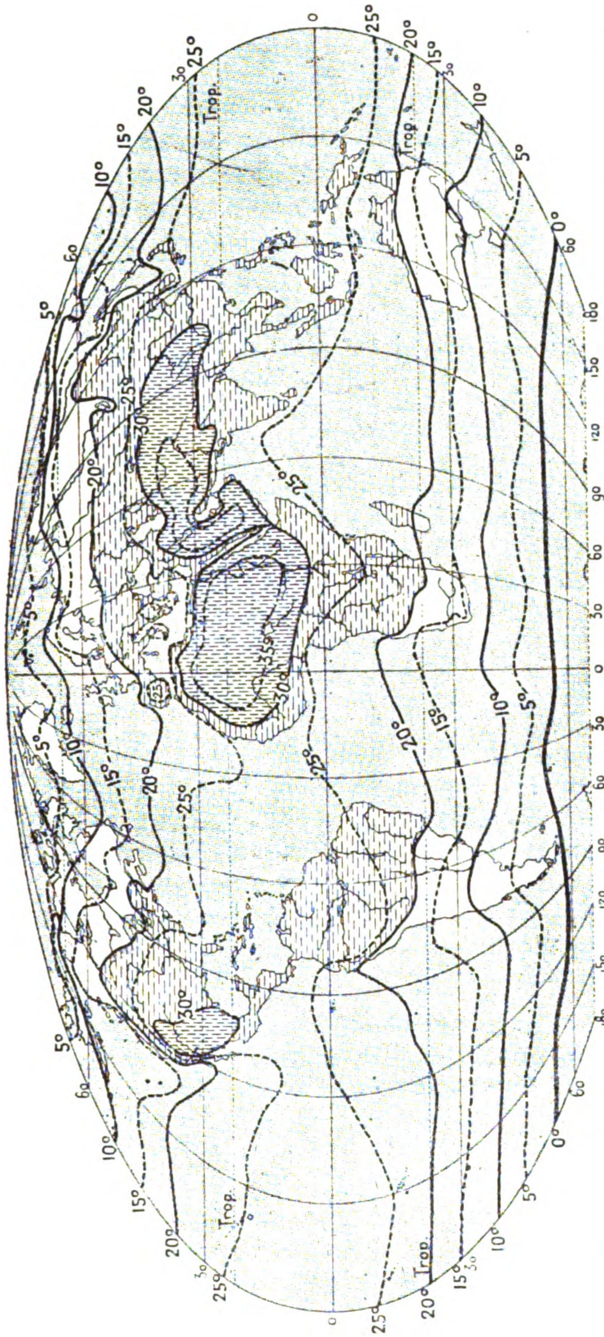
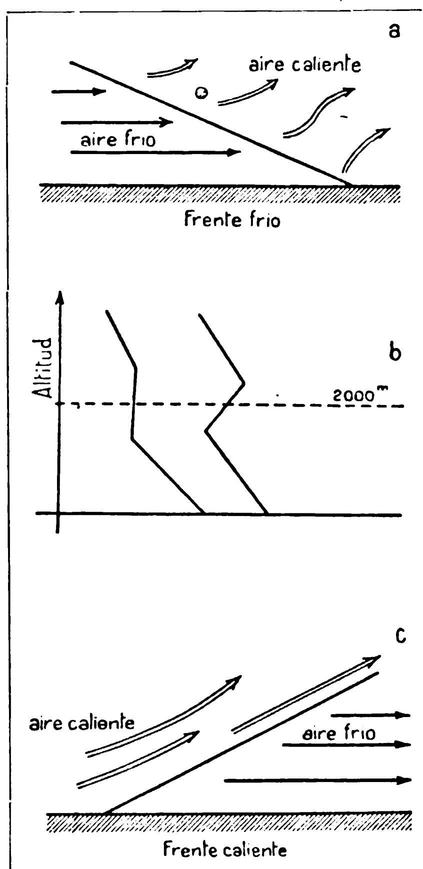


Fig. 169. — *ISOTERMAS DE JULIO. (Invierno en el He misferio Sur y verano en el Hemisferio Norte).* — *Véase como los centros de calor que en Enero estaban en los desiertos del Hemisferio Sur, han pasado a los del Hemisferio del Norte,* [*Según E. de Martonne*].



(Según Coyecque).

FIG. 170.

a) *frente frío;*
b) *capa isoterma;*
c) *frente caliente.*

cuanto al descrecimiento teórico de la temperatura con la altitud. Según el noruego Bjerknes, lo que hay son masas de aire frío y masas de aire caliente. Las primeras proceden del polo (aire polar); las segundas de los trópicos (aire tropical). Cuando estas masas se ponen en contacto hay una *discontinuidad.* La intercepción de la superficie de discontinuidad con el suelo forma un frente térmico. El conjunto de estos frentes de discontinuidad se denomina, por dicho autor, *frente polar.* Este frente se encuentra más o menos, en el hemisferio sur, alrededor de los 35º.

El frente frío, se caracteriza por la introducción de una cuña de aire frío en una masa de aire caliente.

Un globo sonda lanzado desde S, donde el aire está ya frío, encuentra al ascender la línea de discontinuidad b, cuya presencia se traduce por un detenimiento de la progresión del frío y el paso momentáneo al menos, a una superficie caliente.

El *frente cálido,* se caracteriza por la invasión de una masa de aire caliente que se desliza, ascendiendo, por una masa de aire frío en retirada (fig. 170).

La superficie de discontinuidad, se puede deducir de la observación atenta de la marcha de las nubes. Más adelante, veremos que los frentes fríos y calientes son los que, según Bjerknes, dan origen a los temporales y ciclones.

II. — LA ATMÓSFERA

La presión atmosférica y el viento

El aire, según lo demostró Galileo, tiene peso y como gas que es, tiende a expandirse en todos sentidos. Cualquiera que sea la altura de la atmósfera, las capas superiores presionan las inferiores, comprimiéndose éstas en virtud del peso que soportan.

El hombre no siente el peso de la atmósfera, aún cuando es considerable, porque éste se ejerce en todas direcciones y porque su resultante equivale, como para el caso de los cuerpos sumergidos en los líquidos, al peso del aire desalojado. La reacción del aire y de los líquidos encerrados en el cuerpo humano, equilibra la presión exterior.

Los efectos de la presión atmosférica sólo se sienten cuando varía bruscamente. Al aeronauta, a medida que sube se le hinchan los tejidos, la sangre tiende a salirle de los vasos y una gran fatiga lo domina; la presión, al elevarse, ha disminuido y el cuerpo necesita más aspiraciones para llenar del aire necesario los pulmones. *(Mal de montaña, soroche, etc.)* [1].

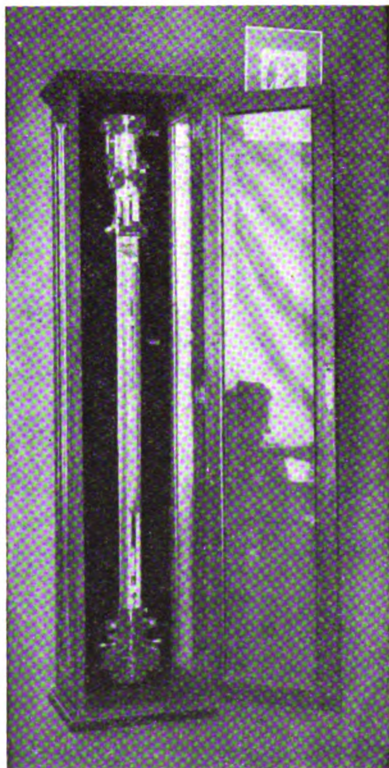
Dos experimentos siempre repetidos en los cursos de física elemental, prueban la existencia de la presión barométrica: la de Torricelli (1643) y la de Pascal: la primera es, en realidad, el invento del barómetro; la segunda, la comprobación del peso de las capas de aire.

Valor de la presión atmosférica. — *El milímetro y el milibar.* — Repitiendo la experiencia de Torricelli se ve que la altura del mercurio en el tubo no es siempre la misma, pues la presión atmosférica no es siempre constante. El tubo de Torricelli puede así, servir para determinar el valor de la presión atmosférica y en este caso se llama *barómetro.* La altura se determina por medio de la longitud de la columna de mercurio, medida desde el nivel del mercurio de la cubeta y la tangente a la cima de dicha columna. Esa medida puede expresarse en milímetros o en milibars. La más usada es la primera, si bien se ha establecido un convenio internacional entre los observatorios del mundo para usar la segunda.

---

1. "Si suponemos que nos transportamos a una altura donde la presión atmosférica esté reducida a la mitad (de 5.600 a 5.700 mts.) se hallará también la mitad del oxígeno que normalmente forma parte del volumen de aire (21 %). "Aparte pues, de los trastornos que la depresión en sí determine, el hombre padecerá como si al nivel del mar, y con la presión íntegra e invariable, le fueran sustrayendo el oxígeno del aire": es decir, sobrevendrá la asfixia" [SALVÁ NAVARRO]. "Tratado de Higiene", pág. 148 t. I.].

El *milibar* es la milésima parte de la unidad cegesimal de presión llamada *bar*, que vale 10^6 dinas por cm^2. Una *dina* es, a su vez, igual al peso de 981 partes de un gramo. Una *megadina* equivale a 1 millón de dinas, la cual representa una altura de la columna de mercurio de 750 milímetros.



(Fot. Pablo Ferrando).

Fig. 171. — *Barómetro Fuess, instalado en el Observatorio de la Universidad de Montevideo.*

En la práctica, para convertir los milímetros en milibares, basta tomar los 3/4 del número que expresa la presión en milibares.

El barómetro y su uso.—En meteorología se usan dos clases de barómetros: los de mercurio, para lecturas directas y de control, y los registradores.

En los Observatorios, los barómetros de mercurio son de dos o tres tipos: el de Fuess [1], de gran precisión, el de Tonnelot, de cubeta de nivel constante y el Fortin, de cubeta movible. Los dos últimos, por su precio más reducido, son los más vulgarizados, sobre todo, el de Fortin. Cualquier tratado de física da detalles del funcionamiento de estos instrumentos.

La presencia de un buen barómetro de mercurio es indispensable en todo puesto de observación meteorológico. Se puede decir que es el instrumento fundamental. Pero no basta tener un barómetro y leer las distintas alturas que alcanza la columna para estar en posesión de los datos de la presión. Todo barómetro de mercurio para ser útil y proporcionar los datos correctamente, debe ser instalado con ciertas precauciones y luego someter los datos que arroja su columna, a correcciones indispensables.

En cuanto a lo primero, es preciso colocar el barómetro en una pieza no expuesta a grandes variaciones de temperatura ni a corrientes violentas de aire, así como procurar que no se encienda fuego en ella. Es muy importante cerciorarse de que en ningún instante, caigan rayos de sol sobre el instrumento.

1. Un hermoso ejemplar de este tipo de barómetro puede verse en el Observatorio de la Universidad de Montevideo.

Colocado el barómetro, bien vertical, se procede a tomar la altura de la cubeta sobre el nivel del mar. Sin este dato no hay funcionamiento del aparato.

CORRECCIONES BAROMÉTRICAS. — Para saber el resultado de las lecturas del barómetro de mercurio, hay que corregirlas:

Corrección de altura. — Como la presión disminuye, a medida que se sube resultaría que las presiones leídas en distintos lugares de altitud diversa, no podrían ser comparadas, pues siempre darían presiones menores los sitios más altos. En consecuencia debe corregirse el barómetro en altura, reduciéndolo *al nivel del mar.* Cuando la altura a que se encuentra el instrumento es inferior a 100 metros sobre el nivel del mar, se puede admitir una corrcción aditiva de 0 mm. 092 por cada metro de altura. Cuando el punto considerado está a más de 100 m. es preciso aplicarle una fórmula que se encuentra en todos los tratados de meteorología para hallar el valor constante que por corrección de altura debe sumársele a la lectura directa.

Corrección de temperatura. — Hay un error producido por la dilatación del mercurio, debido a la temperatura. Deben, pues, reducirse las lecturas barométricas a 0^0 para hacerlas comparables. Esta reducción se hace por medio de tablas.

Corrección de la capilaridad. — El error de capilaridad consiste en diferencias de uno o dos milímetros que se observan en los barómetros, debido a la estrechez de los tubos y curvatura del mercurio en la cámara. Exige, en consecuencia, la corrección, medir el diámetro del tubo y la altura del menisco, es decir la distancia de la base al vértice de la curvatura. Luego se apela a una tabla formada por Delcrós, que facilita la corrección.

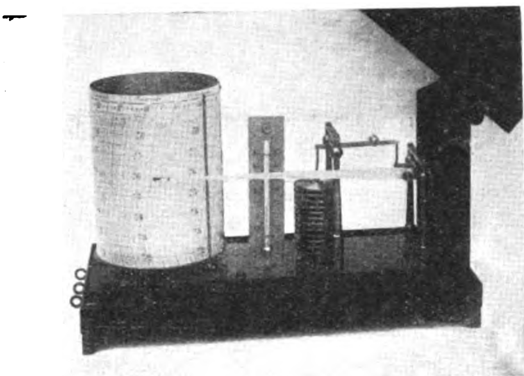
Otras correcciones. — Cuando la lectura ha de ser muy perfecta, debe corregirse, además, el error instrumental, los efectos de la gravedad, etc.

Se ve, pues, que una lectura barométrica correcta, exige una gran escrupulosidad.

LOS BARÓMETROS ANEROIDES, no tienen valor del punto de vista de una buena observación meteorológica. Como son metálicos, están sujetos a grandes variaciones por la temperatura y exigen comparaciones continuadas con uno de mercurio, por lo cual es preferible, si se dispone de éste, hacer las lecturas en él.

LOS BARÓMETROS REGISTRADORES O BARÓGRAFOS, están destinados a inscribir, momento por momento y de una manera automática, las variaciones de la presión: Consisten, por lo general, en cajas metálicas tipo Vidi, tales como las de los barómetros aneroides divulgados en las

casas particulares, cuyos movimientos, generados por las variaciones de la presión, se trasmiten a un brazo cuya extremidad lleva una pluma que traza sus sucesivas variaciones sobre un tambor giratorio cubierto con una hoja de papel con gráfico y que se mueve por medio de una máquina de relojería que tiene dentro. Estos barógrafos deben ser comparados y corregidos frecuentemente, para lo cual los observatorios hacen tres lecturas diarias del barómetro de mercurio.



(Fot. Pablo Ferrando).

Fig. 172. — *BAROGRAFO RICHARD. — (Observatorio de la Universidad. Montevideo).*

Variaciones de la presión atmosférica. — La presión atmosférica no es igual en todas partes y está sujeta en cada lugar a oscilaciones. Estas oscilaciones son de dos clases: regulares y accidentales.

Las *oscilaciones regulares* ocurren a determinadas horas del día, a menos que perturbaciones provocadas por las oscilaciones accidentales, desde luego sin tiempo fijo, le impidan seguir su normalidad.

Las *oscilaciones accidentales,* se producen según el estado del tiempo.

Variaciones regulares. — Observando el barómetro en Montevideo, se puede ver que en general y salvo atrasos o adelantos propios de las estaciones, baja desde las 10 hasta las 17 h.; sube luego hasta las 23 y vuelve a descender hasta las 4, desde cuyo momento experimenta un nuevo ascenso hasta alcanzar su máximo a las 10.

Hay, pues, dos mínimos: uno a las 4 h. y otro a las 17 y dos máximos, uno a las 10 y otro a las 23 h. Como el máximo de las 10 es más intenso que el de las 23, y el mínimo de las 17 es más intenso que el de las 4 de la madrugada, los meteorologistas han convenido en llamar a estos máximos y mínimos (que ocurren en todas partes del mundo con mayor o menor intensidad) *máximos y mínimos principales* a los que ocurren de día y *máximos y mínimos secundarios* a los que ocurren de noche.

Estas variaciones son más pronunciadas en el ecuador que en las demás partes del mundo, pues decrecen en dirección a los polos.

Conviene hacer notar que la mayor altura barométrica registrada es de 807 milímetros (Irkuthk, Siberia, 14 de Enero de 1893) y la menor de 687 mm. (ciclón de la Habana, 1846). [1].

1. **Causas de la periodicidad diurna.** — Los modernos investigadores parecen inclinarse a admitir dos ondas complementarias, una diurna y otra semidiurna, que po-

Las variaciones anuales de la presión son débiles en la zona ecuatorial, pues las estaciones no se diferencian por la temperatura y sí por la caída de la lluvia. En las demás zonas, la variación depende de la altura del suelo y de la proximidad de los mares. Si el país es alto, las capas de aire en el verano son fuertemente calentadas en las partes bajas y tienden a enviar más aire a las altas regiones y entonces aumenta la presión en éstas, lo que hace que la presión sea mayor en invierno que en verano.

En cuanto a la influencia oceánica basta decir que en verano, la atmósfera de los continentes está, en efecto, más caliente que la de los mares. En invierno es al contrario. Luego habrá un mínimo de presión sobre los mares y un máximo sobre los continentes.

Las líneas isobaras. — Uniendo con una línea los lugares en que las presiones son simultáneamente iguales, se obtiene una *línea isobara*. Se pueden trazar líneas isobaras de distintos momentos y períodos. Así, uniendo los puntos en que la presión es igual a una hora dada, las 8 h. por ejemplo, se obtienen las *isobaras simultáneas*. Son de excepcional importancia para los trabajos diarios de predicción del tiempo.

Se pueden unir con isobaras, los puntos de igual presión media de un día, de un mes, de un año, de un período más o menos largo de años. En este caso, cuando abarcan una buena serie, se dice que son *isobaras normales*. Cuando las isobaras se trazan con cifras obtenidas con términos medios, están generalmente destinadas a estudios climatológicos.

En general, las isobaras tienden a agruparse más o menos circularmente en torno de centros de máxima y de mínima presión. Cuando el centro de las líneas isobáricas contiene el mínimo de presión, se llama *sistema ciclónico;* cuando el centro es ocupado por el máximo, *sistema anticiclónico.*

Es conveniente conocer la distribución de las presiones en los meses extremos del año, en el de más calor, enero, y en el de mayor frío, julio.

Enero. — *Invierno del hemisferio Norte.* — La línea isobárica de 760 mm. se encuentra sobre la línea equinoccial. En el norte de Asia se sitúa un centro de máxima presión, (775 mm.) Las bajas presiones están sobre los océanos, una sobre el Atlántico del Norte (750 mm.) y otra sobre el Pacífico septentrional.

Verano en el hemisferio Sur. — Altas presiones sobre los mares: Atlántico del Sur, Indico y Pacífico meridional. Bajas presiones sobre los continentes: América del Sur, Africa y Australia.

---

drían analizarse matemáticamente a la manera de las lunas ficticias de Laplace en la investigación de las mareas.

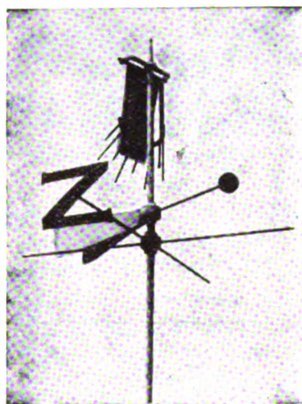
La onda diurna podría atribuirse a la acción térmica del Sol, en virtud de un mecanismo bastante lógico pero que no puede siempre ser demostrado: en las primeras horas del día, las capas de aire en contacto con el suelo, aumentan rápidamente su temperatura. Por esta causa, aumentan también su volumen, de suerte tal que ellas ejercen una presión en las capas de aire superiores que aún permanecen frías. Este aumento de presión se traduciría por el máximo de las 10 h. Pero a medida que el sol asciende sobre el horizonte, el calentamiento se propaga a las citadas capas altas, por lo cual disminuye la presión. Al llegar la noche, el aire situado abajo se enfría por contacto, se llenan los lugares de mínima presión y aumenta así el peso de la atmósfera.

Según Bigelow, las variaciones diurnas de la presión, cesan a 2.500 m. de altura.

JULIO. — *Verano en el hemisferio Norte.* — Bajas presiones sobre Norte América y Asia; altas sobre el Atlántico y Pacífico septentrional; una presión baja secundaria sobre el Océano Glacial Artico.

Invierno en el hemisferio Sur. — Las presiones aumentan del ecuador al paralelo 30 y decrecen luego hasta el círculo polar. Las máximas (768) están sobre el borde Oriental de Sud América, el Atlántico del Sur, Sud Africa y Océano Indico. Un máximo secundario (764) se apoya en Australia y otro en el Pacífico (765) al oeste de Chile. Es bueno hacer notar que estas cifras, debidas a Hann, difieren algo de las proporcionadas por Teisserenc de Bort.

El viento. — Una consecuencia de esas diferencias de presión que acusa la masa del aire atmosférico, es la producción del viento. Si la presión fuera igual en todas partes no habría viento sobre la Tierra. El viento es originado por masas de aire que se mueven. Van desde los máximos a los mínimos de presión y su intensidad y fuerza está regida por disposiciones atmosféricas fácilmente reconocibles en las cartas donde se hayan trazado las líneas isobáricas.



(Fot. P. Ferrando).

FIG. 173. — *VELETA ANEMOMETRICA WILL. — La fuerza que ejerce el viento en una plancheta móvil en torno de un eje, hace que se pueda apreciar la velocidad del viento mediante una serie de vástagos dispuestos convenientemente.*

DIRECCIÓN, VELOCIDAD Y FUERZA DEL VIENTO. — La dirección del viento se determina por el punto cardinal de donde procede. Generalmente se refiere esa dirección a los ocho puntos principales del cuadrante de una brújula, llamado también por esto, *rosa de los vientos*. Si se desea mayor precisión, se intercalan nuevas divisiones, con las que se obtienen 32 *rumbos*, que son los que frecuentemente se usan en la marina: así, por ejemplo, se dice: norte, norte ¼ noreste; nornoreste; estenoreste, etcétera.

Los puntos cardinales se designan con sus iniciales, excepción hecha del Oeste, que se indica como una W, para evitar la confusión que podría resultar del empleo de la O, pues, en alemán el Este se escribe *Osten*.

Se llaman vientos del 1.er cuadrante, a los que soplan de las direcciones comprendidas entre el N. y E.; del 2º cuadrante, a los de las direcciones E. al S.; del 3º a los del S. al W. y del 4º a los del W al N.

Para poder determinar la dirección del viento, se emplea la *veleta*, que, en esencia, consiste en una flecha que gira fácilmente en torno de una barra que le sirve de eje. [1]

1. Los observatorios tienen aparatos registradores que dejan trazada la dirección del viento existente cada minuto (Registrador del viento **Richard** o de una manera ininterrumpida (**Papillón**).

La instalación de la veleta, debe hacerse, sin embargo, con cierta precaución, pues la presencia de un edificio, un muro o cualquier otro obstáculo inmediato a ella, puede ocasionar la desviación del viento y, por consecuencia, la veleta registrar datos erróneos.

Demás está decir que cualquier cuerpo liviano, lanzado al aire y también las nubes, el humo, etc., pueden, en ausencia de la veleta, dar la dirección aproximada del viento.

La mayor o menor frecuencia con que un viento sopla en determinada dirección, suele representarse por una gráfica, que tiene por base líneas concéntricas. Cada una de estas líneas, representa, por ejemplo, una vez que el viento ha soplado en una dirección. Partiendo del centro por los radios, se van anotando en la intersección de éstos y los círculos, las veces correspondientes a cada viento. Uniendo después, los puntos extremos, se tiene una figura como la que representa la fifura 174 en la cual puede verse que el viento predominante, en un período X, es el norte.

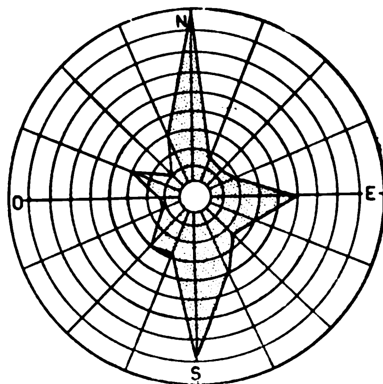
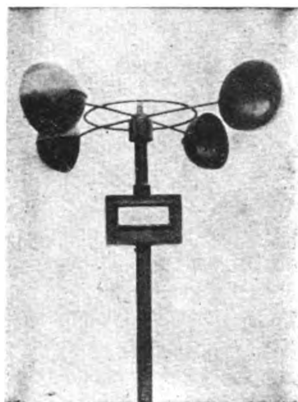


Fig. 174. — ***Diagrama demostrativo de la frecuencia del viento.***

La velocidad del viento se estima con los *anemómetros.*

El de Robinson es el más usado. Consiste en una especie de molinete movible alrededor de un eje vertical formado de cuatro hemisterios huecos, soportados por dos brazos colocados en cruz. La presión del viento provoca la rotación del molinete midiéndose la velocidad de aquél por las vueltas que da el anemómetro por segundo. Estas vueltas se miden generalmente por un procedimiento eléctrico, pues el molinete produce un contacto, cerrando un circuito cada determinado número de vueltas y ese contacto queda escrito en un tambor registrador. Luego no hay más que contar los contactos producidos dentro de un tiempo dado (hora, un minuto o lo que se quiera) para saber la velocidad por hora o por segundo con que ha corrido el viento. Los fabricantes dan a este instrumento diversidad de formas, pero casi todas descansan en el mismo principio.



(Fot. P. Ferrando).

Fig. 175. — ***ANEMOMETRO ROBINSON, instalado en el Observatorio de la Universidad de Montevideo.***

A falta de anemómetro, puede apreciarse la velocidad del viento por una escala, llamada terrestre, basada en los efectos producidos en el humo, las banderas, los árboles, etc. Los marinos usan también la escala de Beaufort que contiene 12 graduaciones, según se ve en el siguiente cuadro:

Números correspondientes de la escala terrestre	N.os de la escala de Beaufort	Nombres de los vientos	Velocidad Metros por segundo
0	0	Calma	0 a 1
1	1	Casi calma	1 a 2
	2	Ligera brisa	2 a 4
2	3	Pequeña brisa	4 a 6
	4	Brisa suave	6 a 8
3	5	Buena brisa	8 a 10
	6	Buen fresco	10 a 12
4	7	Gran fresco	12 a 14
	8	Peq. golpe de viento	14 a 16
5	9	Golpe de viento	16 a 20
	10	Fuerte golpe de viento	20 a 25
6	11	Tempestad	25 a 30
	12	Huracán	30 y más

Como datos ilustrativos, diremos que un tren expreso marcha de 16 a 20 metros por segundo y que un tifón ocurrido en el Japón en 1897 alcanzó a 57 metros por segundo, es decir, 205 kilómetros por hora. El temporal del 10 de Julio de 1922 que azotó a Montevideo, arrojó 194 kms. por hora.

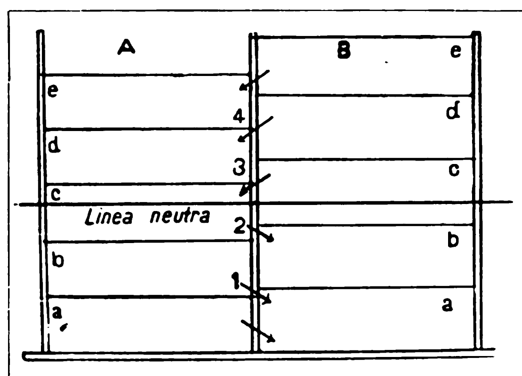


Fig. 176. — *Teoría térmica del viento.*

La fuerza del viento, está en razón directa del cuadrado de la velocidad. Se admite, así, que un viento que ande un metro por segundo, ejerce sobre una superficie plana de un metro cuadrado, perpendicular a su dirección, una presión de gramos 0.125. De esta manera, un viento de siete metros dará: $0.125 \times 7^2 = 0.125 \times 49 =$ kilogramos 6.125 por metro cuadrado.

Pero esta proporción varía si la superficie no afecta una forma plana. Puede suponerse la importancia que el cálculo de la fuerza del viento tiene para las construcciones, pues para su estabilidad es indispensable que resistan los vientos más fuertes.

En general, la fuerza del viento aumenta con la altura, en virtud de que el roce de las capas inferiores con el suelo, retarda su marcha.

Teoría térmica del viento. — Supongamos una porción de aire atmosférico, contigua al suelo y separada en dos columnas por medio de un tabique (fig. 176, *A* y *B*). Establezcamos en la parte inferior de éste un agujero por la base, a fin de poner en comunicación ambas columnas y aportemos calor a una de ellas. El aire de la columna calentada, *B*, al cual podemos imaginar compuesto por una serie de capas

superpuestas, sufrirá una dilatación y por lo tanto, ocupará un mayor espacio que la columna fría, pero apesar de esta dilatación, la base no sufrirá aumento ni disminución de presión, pues el peso de la columna de aire es el mismo. Resultará de esto que, aun cuando se establezca la comunicación por la parte inferior del tabique, no habrá movimiento de aire, pues para la parte más baja de la columna calentada no se ha modificado la presión. Pero considérese lo que pasa algo más arriba: los puntos correlativos de cada capa ya no se corresponden. La presión será mayor en la columna caliente, pues soportará mayor masa de aire dilatado que de aire frío.

Los puntos *3*, *4*... en contacto lateral de ambas columnas, tendrán, respecto del lado cálido, una presión superior como puede verse en la figura 176. Estableciendo, entonces, una comunicación a esas alturas en el tabique, se producirá una corriente que irá desde la columna caliente a la columna fría, como lo demuestran las flechas. Como estas corrientes llegan desde lo alto, producirán un aumento de presión en las capas 1 y 2 con la relación a la cálida *a* y *b*. En este lugar, pues, la corriente irá desde la capa fría a la caliente.

A cierta altura las dos columnas tendrán igual presión: es la línea de equilibrio o neutra.

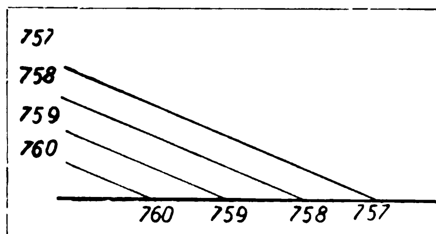


FIG. 177—*Inclinación de las capas de distinta presión con relación al suelo y determinación de las líneas isobáricas con respecto a esa inclinación.*

Se establece, pues, un verdadero circuito en el cual las corrientes frías son descendentes, mientras las corrientes cálidas toman siempre dirección ascensional. Es bueno, sin embargo advertir, que en la atmósfera los movimientos verticales sólo afectan una capa relativamente delgada con respecto al espesor de todo el envolvente aéreo, en tanto que los horizontes abarcan muchos centenares de kilómetros.

No es, pues, difícil comprobar que en virtud de este mecanismo de origen térmico, las capas de distinta presión no se presentan habitualmente formando estratos paralelos a la superficie del suelo, sino que, por el contrario, caen sobre éste con una inclinación que determina la intercepción de sus planos de separación con el plano del suelo.

Para una mejor representación de estos hechos, imaginemos que una serie de capas de presión distinta, caigan inclinadas sobre el terreno (fig. 177) y que esas capas, que junto al suelo tengan la presión normal de 760 mm. vayan descreciendo a medida que se sube (759,758, etc.). Señalemos ahora sobre el suelo el punto de intercepción de cada una de las líneas isobáricas y tendremos puntos cada vez más distantes cuanto más inclinada sea la dirección de las capas de distintas presiones con respecto al suelo. Por esta razón, cuando se fijan sobre una

carta geográfica las líneas isobáricas de una región, se advierte que cuando están muy separadas traducen vientos débiles, en tanto que cuando se las encuentra juntas, corresponden a vientos de elevada intensidad.

Si la atmósfera tuviera una temperatura uniforme, no se producirían vientos. Podemos, pues, sentar que *la causa principal del viento es la diferencia de temperatura, que modifica la distribución vertical de las presiones*. En efecto, la atmósfera se comporta, del punto de vista de las leyes físicas, como cualquier líquido, siéndole aplicables todas las leyes hidrostáticas. Se ha demostrado, así mismo que un flúido no puede ser puesto en equilibrio si su plano horizontal no soporta la misma presión en todos sus puntos. Con la atmósfera pasa algo idéntico; cuando sus condiciones de equilibrio no se cumplen, *el aire se desplaza desde los puntos de mayor presión hacia los lugares de menor presión.*

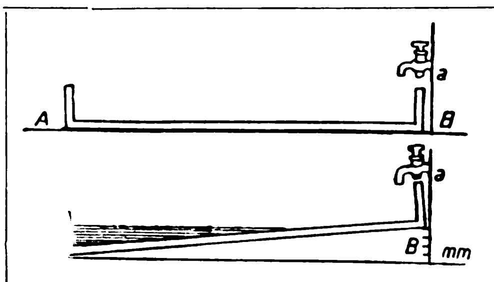


FIG. 178. — *Demostración comparativa de lo que es el gradiente barométrico.*

Supóngase, en efecto, que en Montevideo hay una presión de 756 mm.; que en el Durazno se registran 757 y que en Rivera el barómetro arroja 758. El viento correrá, salvo desviaciones que se explicarán después, de Rivera a Montevideo, por ser este último el lugar donde el aire es menos denso.

Gradiente o declive barométrico. — *Se llama gradiente a la diferencia en milímetros de presión, existente en una distancia de 111 kms.*, (es decir, un grado geográfico). Aclaremos este concepto antes de pasar adelante. Supongamos que tenemos un recipiente cuyo largo es *A B* (fig. 178). Dejando caer gota a gota una porción de agua por la canilla a, tenemos que si el fondo del recipiente está en la horizontal, el agua se extenderá lentamente y en todas direcciones hasta llegar al punto *A*. Pero si levantamos un milímetro el punto *B*, se establecerá un declive que hará correr el agua lentamente hacia *A*. Levantando 2 milímetros, el agua correrá con más velocidad y si lo elevamos 3, se establecerá una rápida corriente, al mismo tiempo que se acumulará el máximo de agua en el extremo *A*. Pues bien: sustituyamos el agua por aire y el recipiente por la masa atmosférica imaginando que entre *A* y *B* hay 111 kms. de distancia y tendremos una idea aproximada de lo que es el gradiente. Así como cuando mayor es la diferencia de nivel entre los puntos *A* y *B* del ejemplo, corre más rápidamente el agua, así, cuanto más diferencia en milímetros de presión hay entre dos lugares distantes 111 kms., se tendrá un viento más fuerte.

En una carta geográfica, donde se encuentren trazadas las isobaras, se podrá determinar aproximadamente el valor del gradiente.

Cuando las isobaras están muy próximas unas de otras, es decir, que el gradiente es fuerte, hay posibilidad de temporal. [1]

Régimen ciclónico. — La meteorología clásica definía como *régimen ciclónico* una zona atmosférica en cuyo centro se encontraban las mismas presiones rodeadas de máximas. Por mucho tiempo, se denominó centro ciclónico a toda situación atmosférica que tuviera esta disposición. La moderna meteorología distingue bien dos términos esenciales dentro del *régimen ciclónico*:

1º *La depresión,* región de débil pendiente barométrica y cuyo movimiento es muy lento o casi estacionario.

2º *El centro ciclónico,* campo isobárico esencialmente móvil, formado, según la escuela noruega, por dos frentes de discontinuidad. Dentro de la calificación de centro ciclónico caben diversas intensidades y características, según veremos después.

ORIGEN DE LOS CENTROS CLICLONICOS SEGUN BJERKNES

La escuela noruega, da una importancia capital a las corrientes de aire frío y caliente en la producción de los centros de baja presión. (Teoría del frente polar). Imaginemos una corriente procedente del polo *P* y otra del trópico *C* (fig. 179). Ambas eran primitivamente de norte a sur, pero la rotación de la Tierra las desvía en sentido opuesto: una marcha hacia el este y otra hacia el oeste. Entre ambas queda una zona de aire en déficit *W. E.*, llamado *frente polar.* El aire caliente, se desliza, pues, a la derecha de las corriente de aire frío, originándose un *régimen ciclónico,* que puede llegar a ser una simple *depresión* o un *centro ciclónico,* según la intensidad de las corrientes.

En virtud de la fricción que se establece entre ambas corrientes, la superficie de separación primitivameite plana, se encorva del lado frío. Es, a decir de Coyecque, el mismo efecto que produce el viento sobre el agua encalmada. Así tenemos que lenguas de aire caliente, se introducen en la masa fría (Figs. de 180 a 182) y forman un *ciclón* o *depresión móvil.* La ola cálida de dirección N. S. se intensifica durante el movimiento hacia el E. (fig. 180). El aire frío contornea la extremidad meridional de la lengua de aire cálido y llega a rodear el centro bajo la forma de una corriente del S. y del SE. (fig. 181).

Más tarde, cuando crece la amplitud de la lengua de aire caliente, se ciñe o extrangula lateralmente (fig. 182), sobre todo en la parte norte del ciclón. Finalmente, el aire frío de atrás (nuestro Pampero) se junta al aire frío que está adelante, cortando así el sector cálido. Cuando un centro depresionario llega a esta etapa de su vida, es decir, que el sector posterior frío, se reune al sector anterior frío cortando la lengua cálida, se dice que el ciclón ha sido cortado (fig. 183). Lo que resta del sector cálido en los alrededores del centro de la depresión, no tarda en desaparecer, de suerte que en el suelo, el centro depresionario, no está sino compuesto de aire frío (Bjerknes) (fig. 184). Esto no obstante, la línea de discontinuidad persiste du-

---

1. En la práctica, el cálculo es más complejo, porque la velocidad del viento no sólo depende del gradiente sino que está en función del diámetro que abarque la depresión o las altas presiones. De ahí, que con elevado gradiente puedan no presentarse vientos fuertes en muchas ocasiones.

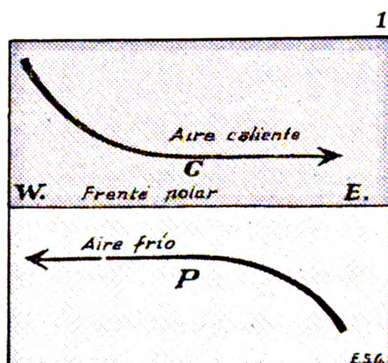


FIG. 179.

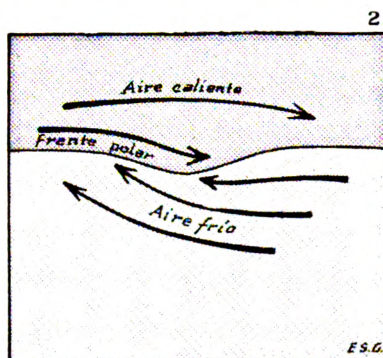


FIG. 180.

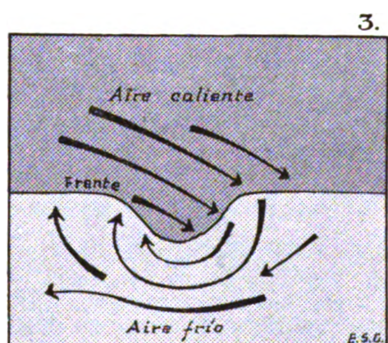


FIG. 181.

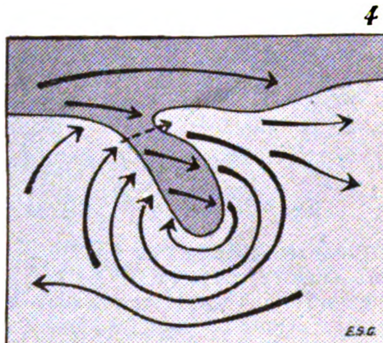


FIG. 182.

rante algún tiempo en el lugar de la masa de aire frío. Por fin, la línea de discontinuidad se esfuma también (fig. 184) y el centro ciclónico se vuelve un torbellino de aire frío (fig. 185).

EL VIENTO EN LA REPRESENTACIÓN ISOBÁRICA DE UN RÉGIMEN CICLÓNICO. — La dirección del viento en un régimen ciclónico, es, en general, convergente, vale decir, que el aire corre hacia la mínima presión y parece girar en torno de ese mínimo, siguiendo salvo pequeñas desviaciones [1] la dirección de las líneas isobaras.

En el hemisferio sur el viento circula en el sentido de las agujas de un reloj y en el hemisferio norte, en sentido contrario.

Si la Tierra permaneciera fija en el espacio, la dirección del viento sería perpendicular a las líneas isobaras, de modo que en todos los casos, los vientos podrían considerarse como radios. Pero la Tierra no está quieta. Su movimiento de rotación desarrolla una gran fuerza de inercia y todos los móviles sufren una desviación en su trayectoria que

1. Rouch se inclina a creer que las anomalías importantes de dirección que se observan algunas veces son mucho menos reales de lo que se creía y no pocas veces debidas al mal trazado de las isoliras.

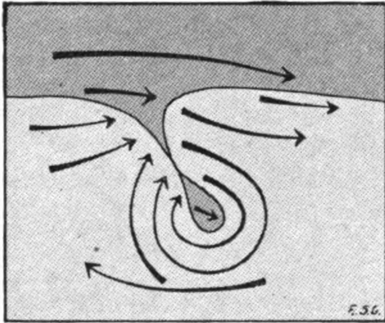


Fig. 183.

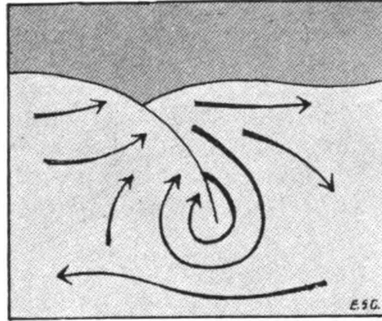


Fig. 184.

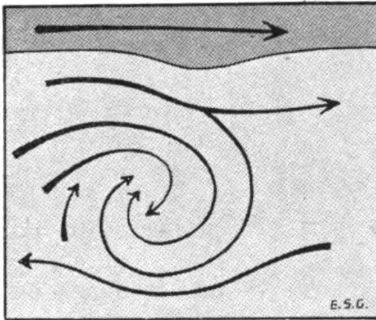


Fig. 185.

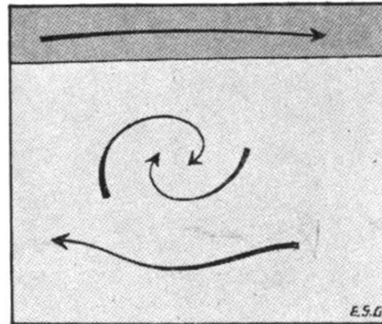


Fig. 186.

es tanto más intensa cuanto más se acercan al ecuador. Basado en esto, Ferrel expuso una ley que dice:

La dirección del viento se desvía con relación al gradiente, a la derecha en el hemisferio norte y a la izquierda en el hemisferio sur. De esto se deduce que el camino del viento dentro de un régimen ciclónico no es una recta, sino una curva, de lo que resulta que el aire de un régimen ciclónico constituye una espiral (figs. 187 y 188).

El espacio abarcado por una depresión barométrica corresponde a zonas considerables. Un diámetro de 1.500 kilómetros es muy frecuente, no siendo tampoco extraño hallarlo de 4.000 y 5.000 kilómetros. La línea que une el centro de la depresión en sus diferentes situaciones se llama *trayectoria de la depresión,* siendo casi siempre la forma de ésta parabólica. El pasaje de un sistema ciclónico o de una depresión, queda señalado en los barómetros registradores por una V bien característica, comprendiendo la parte inferior de ésta al centro de depresión. Durante el movimiento de traslación de las depresiones, ocurre una variación de la presión en el centro y un cambio en la forma de las isobaras, transformándose de circulares en elípticas o viceversa. Puede ocurrir tam-

bién una transformación completa de las isobaras, fraccionándose en dos nuevos centros cercanos, por lo general, unos de otros.

Ley de Buy - Ballot. — Este meteorologista holandés concibió una ley para saber aproximadamente la situación del centro de baja presión, ley que adaptada a nuestro hemisferio, dice así:

Dando la cara al viento y extendiendo el brazo izquierdo algo adelante, éste indicará la dirección hacia donde se hallan las bajas presiones.

LOS REGÍMENES CICLÓNICOS AL SUR DE AMÉRICA. — Los centros ciclónicos, al sur de América Meridional, que son los que afectan al Uruguay tienen, según investigaciones recientes, practicadas en el Observatorio Nacional [1], dos orígenes distintos: uno que obedece a la circulación intertropical y que se presentan ya como centros secundarios de aquella, contorneados por isobaras en V cuya aparición se señala en el centro y norte de la República Argentina; otros debido a la circulación polar, con centro principal en la Patagonia y frecuentemente con centro secundario en las provincias centrales argentinas. Este centro ha sido confundido con centros principales, de suerte que su trayectoria ha dado lugar a errores importantes para la interpretación de la circulación general del hemisferio sur [2].

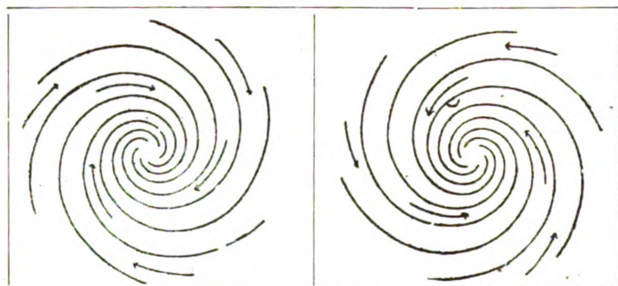


FIG. 187. — *HEMISFERIO SUR. — El viento de un ciclón gira en el sentido de las agujas de un reloj.*

FIG. 188. — *HEMISFERIO SUR. — Trayectoria del viento en un anticiclón del hemisferio Sur.*

LOS ANTICICLONES. — Este término no envuelve ningún concepto de intensidad, como alguien puede suponerlo.

Se trata de regímenes de presión cuyo centro está ocupado por las presiones máximas. En otras palabras: un centro anticiclónico se caracteriza porque las presiones van aumentando de la periferia al centro.

Los anticiclones tienen un hábito en su trayectoria y los observatorios persiguen con mucho interés su marcha *media*.

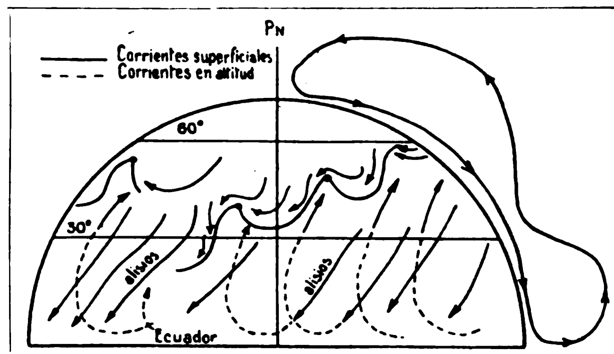
1. E. S. GIUFFRA. — **La circulación atmosférica al sur de América Meridional.** — Obra próxima a aparecer.

2. En la obra mencionada se hace un estudio detallado de la trayectoria de los centros ciclónicos.

EL VIENTO EN LOS ANTICICLONES. — Los anticiclones pueden ser de muy distinto diámetro, pero los hay frecuentemente, de tal área que van desde la zona polar hasta más allá de los trópicos. El viento, en esta clase de sistemas, circula, en el hemisferio sur, en el sentido contrario al de las agujas de un reloj. Nuestros vientos fríos del sudeste, sur y sudoeste están íntimamente ligados a la trayectoria de los anticiclones.

Para la apreciación de la intensidad del viento en los anticiclones es preciso tener muy en cuenta el radio del sistema, pues el cálculo demuestra que no solamente la velocidad del viento está en relación al gradiente, sino, principalmente, al área del anticiclón. "Para un mismo gradiente, la velocidad del viento aumenta con el radio de las isobaras en el caso de una depresión, mientras que disminuye en el caso de un anticiclón [*13*, pág. 169].

Los anticiclones que afectan al Uruguay son de dos orígenes: uno que penetra por la Cordillera de los Andes, atacando primero las latitudes medias y se corre después hasta el Neuquén para efectuar su trayectoria hacia el noreste y otro que penetra por el territorio de Magallanes y Andes Australes, para correrse paralelamente a la costa hasta las bajas latitudes. En invierno estos últimos son particularmente importantes para la predicción del tiempo.



(Según Coyecque).

FIG. 189. — *Circulación general de la atmósfera teniendo en cuenta los nuevos conceptos de la escuela noruega.*

Circulación general de la atmósfera. — «La fuente de energía de la circulación de la atmósfera, ha dicho J. Bjerknes, [*L'évolution des cyclones et la circulation atmosphérique d'après la théorie du front polaire,* pág. 97] reside en las diferencias de temperaturas que existen entre las regiones polares y ecuatoriales». Según Coyecque, las regiones circumpolares constituyen los *depósitos de alta presión.* El aire frío trata de escaparse de estas reservas, siguiendo, junto al suelo, hasta el mismo ecuador. En las regiones intertropicales, esta corriente forma los llamados *vientos alisios,* corrientes de una casi constante dirección. Como en el ecuador actúan muy perpendicularmente los rayos solares, se forma un centro caliente que eleva el aire continuamente. De la comprobación de estos dos hechos (calmas ecuatoriales y vientos alisios) se dedujo que en las capas altas de la atmósfera debía existir una corriente de retorno hacia el polo a la cual se denominó *contraalisio,* y

cuya presencia parecía comprobar la dirección de las nubes altas y el humo de ciertos volcanes (Cosegüina, Krakatoa, etc.). Se imaginó, así mismo, que esas corrientes, muy enfriadas en las altas capas, descendían en las zonas circumpolares, dando origen a corrientes del W. En los últimos años, los meteorologistas han podido comprobar que el contraalisio, no se encuentra en todos los lados. Los sondeos de Hawai, de Puerto Rico, de Panamá, demuestran que en esos lugares, al menos, no existe el contraalisio.

Los noruegos conciben la circulación general de la atmósfera como una consecuencia puramente térmica. Según J. Bjerknes, el movimiento designado circulación general, no hace otra cosa que atenuar los fuertes contrastes de temperatura entre el polo y las regiones tropicales. El esquema más simple — agrega el mismo autor — es un viento que yendo junto al suelo se traslada del polo al ecuador. Pero esta circulación no es posible más que en las regiones inmediatas al polo, en virtud de la rotación de la Tierra. Dicho viento, después de haber recorrido en una dirección sur - norte, es fuertemente desviado hacia el oeste. A su vez los vientos de retorno situados en la parte alta (contra alisios) irían del ecuador al polo, y serían fuertemente desviados hacia el este. De esto se deduce que el sistema de alisio y de contraalisios de que habla la meteorología clásica, sólo es posible en la zona intertropical. En las zonas templadas, la circulación es más compleja. Los vientos fríos que parten como oleadas del casquete polar, se dividen en varias ramas, entre las cuales quedan espacios libres por donde se introducen lenguas de aire cálido procedente del trópico. La rotación de la Tierra se encarga de desviar la corriente fría hacia la izquierda en el hemisferio sur y hacia la derecha en el norte. Son, pues, corrientes alternativamente polares y tropicales, dando vuelta alrededor del eje de la Tierra.

En el lugar donde parecería que fueran a chocar una corriente fría del polo con una corriente cálida del trópico, se produce alejamiento una de otra por causa de la rotación de la Tierra, y un enrarecimiento del aire que da lugar a la formación de regímenes ciclónicos. La línea sinuosa donde se producen estos encuentros de aire polar y tropical, se denomina *frente polar* y la explicación de sus complejos movimientos no corresponde a un curso de esta índole.

Cabe sólo decir aquí, que marchando, los vientos del polo y los del trópico, en una dirección inversa provocada por la rotación de la Tierra, se impiden mutuamente alcanzar las grandes velocidades a que están destinados. Resultado de esto, es una acumulación de aire por encima de la zona de separación que se conoce con el nombre de *anticiclones*. Estos se forman generalmente, entre dos series de depresiones.

II CLASIFICACION DE LOS VIENTOS

Los vientos pueden reducirse a tres grupos: constantes, periódicos y variables.

Vientos constantes. — Los alisios; los contraalisios. Las calmas. — El calor enviado por el Sol a la superficie terrestre en el ecuador es capaz de evaporar 4 metros cúbicos de agua en el término de un año, y la lluvia vierte 2 metros cúbicos de agua por metro superficial. Ahora bien: si la totalidad de esta agua es evaporada, resta aún una cantidad de calor solar tal, que sería capaz de evaporar otra cantidad análoga. Este excedente de calor, es el origen de la circulación general de la atmósfera, pues, gracias a él, las capas de aire contiguas al suelo, fácilmente calentadas, en virtud de la presencia de una gran humedad que lo absorbe admirablemente, se dilatan, disminuyen de densidad y suben a las altas capas de la atmósfera. Queda así, junto al suelo, un vacío que debe ser llenado por los vientos más fríos de las zonas contiguas.

Si la Tierra permaneciera quieta en el espacio, es indudable que estos vientos tendrían dirección de norte a sur en el hemisferio septentrional y de sur a norte en el meridional, pero en virtud de la rotación a que está sometida, se opera una desviación (ley de Ferrel) que es tanto más intensa cuanto mayor es la aproximación al ecuador. De esta suerte el viento del sur se convierte en sudeste y aún en este y el viento norte en noreste y este. Como la causa que origina esa depresión ecuatorial de origen térmico, es permanente, también es permanente la afluencia de dichos vientos hacia el ecuador. Estos vientos constantes, que soplan hacia el ecuador se denominan *Alisios*. Los alisios del noreste y del sudeste no llegan a tocarse, pues sobre la zona de mayor calentamiento toman dirección ascensional, dando lugar a las *calmas ecuatoriales*. Pero esta zona de calmas no permanece emplazada todo el año en el mismo lugar, pues se desplaza de un hemisferio a otro, según la estación, es decir, siguiendo la trayectoria del Sol.

Hasta hace poco, la meteorología aceptaba que el aire ascensional se detenía en las altas capas donde se enfriaba y se acumulaba, dando origen a una zona, muy elevada, de altas presiones, donde, por ley mecánica, el aire era forzado a salir del centro a la periferia. El aire que, por enfriamiento, aumentaba su densidad, tendía a caer lentamente hacia la superficie terrestre a medida que se alejaba del ecuador. En esta trayectoria del ecuador hacia los polos, el viento seguía la dirección inversa del alisio y de ahí que se llamara *Contraalisio*. Pero ahora, según se ha dicho, la Meteorología pone en duda la existencia de los contraalisios. Como los alisios, el contralisio sería desviado de su ruta por la rotación terrestre, a la derecha en el hemisferio norte y a la izquierda en el hemisferio sur. En virtud de esta desviación dichas corrientes,

en las inmediaciones del polo se volverían vientos permanentes del oeste, formando una franja en movimiento circular, lo cual originaría una depresión de origen mecánico. De este modo imaginaba Ferrel una circulación superior del ecuador hacia los polos, pero el meteorologista sueco Hildebradsson, basado particularmente en la observación de los cirrus, admite dos circulaciones en cada hemisferio: una cuyo circuito se realiza entre los trópicos y el ecuador y otro entre los trópicos y el polo. Como, por lo demás las depresiones mecánicas de las regiones polares deben estar separadas por un máximo, es necesario admitir que, una parte, por lo menos de las grandes corrientes superiores originadas sobre el ecuador, toca la superficie terrestre antes de llegar a los polos. El cálculo, demuestra, en efecto, que por enfriamiento las masas de aire deben descender a la altura del paralelo 30 y la observación lo confirma. Hay allí, sobre los dos hemisferios, centros de máxima presión permanentes, cuya presencia se explica por el descenso de las masas de aire enfriadas. Si a esto se agrega que la circulación trópico - polar determina, por su parte elevada, un retorno de los vientos que superficialmente han sido solicitados por el mínimo del polo, se tiene que al llegar al trópico, chocan con los contralisios que descienden por enfriamiento en ese lugar, de lo que resulta un acrecentamiento de los máximos de paralelo 30 y la formación de las zonas de *calmas tropicales.*

Debe advertirse, que todo esto, según las investigaciones modernas, es más esquemático que real. Los vientos alisios no tienen la absoluta y permanente constancia de que hablan los textos. Muchas veces la dirección de ellos se altera y en no pocos casos cesan de correr. Lo mismo puede decirse de los llamados calmas tropicales, donde el viento suele hacer su irrupción con bastante frecuencia.

Vientos periódicos. — LOS MONZONES. — Los monzones son vientos periódicos que soplan en las costas de Asia, Australia y aún mismo, aunque en forma más atenuada, en las del norte y nordeste de Sud - América. En rigor son ondas alternativas calientes y frías. Se dirigen seis meses del año en un sentido y seis meses en otro. Su formación se explica con sólo tener en cuenta que, por ej., la meseta central de Asia y las costas de Africa y Australia obran a manera de poderosa bomba aspirante en el verano, durante el cual las tierras calentadas fuertemente por el sol, hacen que el aire que las cubre ofrezca una gran depresión barométrica. Las aguas del océano Indico se conservan, sin embargo, a más baja temperatura y se establece así la corriente o monzón de verano. En el invierno, por el contrario, las tierras se enfrían y las aguas mantienen el calor, de modo que la dirección del fenómeno se invierte; la depresión barométrica se encuentra entonces en el océano y, por consiguiente, los vientos van de la tierra al mar, produciendo los monzones de invierno.

La rotación de la Tierra hace desviar ambos monzones, transformándolos al de invierno en nordeste y al de verano en sudoeste. Cuando el

cambio de dirección se establece, media antes un período de calma, pero ocurre a veces que este período no se verifica y entonces el choque de ambas corrientes produce grandes perturbaciones atmosféricas de consecuencias desvastadoras para la región.

Los monzones que se dirigen hacia la India, van, por lo general, cargados de nubes que se resuelven en torrenciales lluvias en las costas del Malabar o en las orillas de la península gangética, como así mismo al chocar con las alturas del Himalaya y de las demás cadenas y mesetas del S. de Asia Central.

Los observadores han podido comprobar que la influencia de los monzones pocas veces llega a sentirse a una altura mayor de 2.500 metros.

Un volcán de la isla de Java, cuya altura es de 3.000 metros, lanza cenizas que se dirigen en sentido inverso del monzón que se produce algunos cientos de metros más abajo.

LAS BRISAS. — Kaemtz, ha explicado, además, la existencia de otra clase de vientos periódicos, llamados brisas del mar y de tierra cuya formación es muy análoga a la de los monzones, pues como en éstos, dependen de la diferencia de temperatura que guardan las tierras y los mares. En el Observatorio Nacional (antepuerto) la brisa se entabla de entre las 11 y 13 h., según la estación, pero siempre que no reinen con anterioridad vientos de un recorrido horario superior a 10 kilómetros [1]. La dirección inicial de la brisa, es del ESE o SE. A esa hora los rayos solares empiezan a tomar inclinación más vertical, a las 14 o 15 horas en que han pasado ya el meridiano, declinan nuevamente y el calor absorbido por la tierra es mayor que el calor del mar. Entonces se origina un viento fresco, que procede del mar y va a llenar el vacío dejado por el aire caliente que asciende a las altas capas de la atmósfera. Pero al partir de las 16 o 17 horas la tierra comienza a enfriarse en proporción mucho mayor que el mar, por ser también su irradiación mayor, y entonces se establece una corriente del medio más denso hacia el menos denso y se forma así la brisa de tierra que sopla desde las 16 o 17 horas hasta las primeras del día siguiente.

Hay otro fenómeno aéreo también periódico llamado *brisa de la montaña y del valle*, que tiene un origen muy parecido a los anteriores vientos pero que solo revisten un interés puramente local.

Vientos variables o mejor dicho no periódicos, son propios de la zona templada. Las causas que los producen son múltiples, por más que todas ellas tengan dependencia con las variaciones de la temperatura y de la presión. A esta clase pertenecen el Pampero nuestro, el Simún del Sahara, el Siroco del Mediodía de Italia, el Chansin de Egipto y el Mistral del valle del Ródano.

---

1. E. S. GIUFFRA. — **"La circulación atmosférica en la parte austral de Sud América".** — Obra próxima a aparecer.

EL PAMPERO. — Se denomina así el viento que sopla del SW, en el Río de la Plata. Su producción está íntimamente ligada al pasaje de centros depresionarios que iniciándose por el norte de la Argentina se dirigen hacia el Brasil y también a la trayectoria recorrida por los anticiclones que entran por el Neuquén.

En el primer caso, las depresiones del norte argentino al desplazarse hacia el NE, envuelven con su periferia el Río de la Plata, originando vientos del NE que luego rotan sucesivamente al SE, S y SW. Esta última dirección hace que el aire, procedente de regiones más meridionales, tenga temperaturas bajas y forme un verdadero contraste térmico con los vientos iniciales de la perturbación que son cálidos y húmedos por proceder del Brasil. En suma, son centros ciclónicos próximos a ocluirse por la llegada del fuerte frío.

En otras ocasiones, el Pampero está asociado al pasaje de los centros anticiclónicos del Pacífico que entran más o menos a la altura del Neuquén, y cuya trayectoria media hacia el noreste pasa por el territorio uruguayo. La perturbación se inicia así con vientos del sudeste que pasan al sur y luego al sudoeste.

En el caso de depresiones secundarias formadas en Salta, Tucumán o Córdoba, como dependencia de centros principales situados en la Patagonia que se dirigen al Atlántico, aquél al correrse del NW, al SE, remata con vientos pamperos más o menos característicos. [1]

En general el Pampero es signo de que la perturbación atmosférica está próxima a terminar, y da frecuentemente velocidades de 100 kilómetros por hora y aún más.

El llamado *pampero sucio,* que ocurre con cielo límpido, es de origen local.

EL ZONDA. — Es también un viento variable. Se produce en la región andina de la Argentina, cuando hay bajas presiones en el sur del país. Procede del norte o noreste y suele tener una fuerza extraordinaria. Es cálido y seco y cuando sopla, los habitantes de las regiones que afecta, se ven precisados a colgar, en puertas y ventanas, lienzos mojados provocadores de una evaporación artificial que lo haga tolerable. El zonda se produce después de las 12 m. y dura hasta que el sol desciende. Si sopla muchas horas se produce una gran reacción del Sur, con mucho descenso de la temperatura.

EL SIMUN o viento envenenado, es una corriente aérea propia del Africa septentrional. Cuando el simun sopla — dice Eliseo Reclús — el viajero jadeante respira trabajosamente; el aire es ardoroso y seco, como si saliera de un horno; acrecentado el calor por la radiación de los innumerables granos de arena que flotan en la atmósfera, se eleva rápidamente a 45, 50 o 56º; vélase el Sol; todos los objetos toman un

1. E. S. GIUFFRA, op. cit.

matiz morado y rojo oscuro; el polvo llena el espacio. Para que el aire no los hiera, los hombres se tapan la cara con sus vestiduras y los camellos se hunden hasta el pescuezo en la arena. No siempre ocurre que se levanten trombas de polvo al cielo como torbellinos. Palgrave, que hubo de aguantar un violento simun en un desierto de Arabia, no vió en el cielo nubes de polvo ni de vapor y no pudo explicarse las tinieblas que súbitamente invadieron la atmósfera.

El SIROCO. — En el sur de Italia (Siroco) y España (Solano) se produce un fuerte viento considerado por los meteorologistas como una continuación del simun. Mientras sopla el Siroco — dice un renombrado autor — «los habitantes penetran en sus casas, cierran herméticamente las puertas y las ventanas y cuelgan en las partes de afuera frazadas mojadas. Por incómodo que sea este viento, por su calor seco y devorador, no ha tenido nunca influencia sensible sobre la salud de los hombres, y algunas horas de viento fresco del Norte, que de ordinario sucede al viento caliente, bastan para devolver al cuerpo todo su vigor».

El CHANSIN, de Egipto, proviene del S. y se produce generalmente en los meses de Febrero a Junio. Aunque su duración jamás pasa de 12 horas, sus efectos son desastrosos.

El FŒHN O FAVONIO. — Cuando la presión es baja en Suiza y alta en el Mediterráneo e Italia del Norte, el viento sopla de Italia hacia los Alpes, ascendiendo por su pendiente; pero sobre el Mediterráneo y sobre las planicies húmedas del norte de la Península, el viento se ha saturado de humedad. Al remontar los Alpes pierde 1° de calor cada 200 metros, al mismo tiempo que el enfriamiento lo obliga a depositar todo su vapor de agua que cae en los flancos meridionales en forma de lluvia. Cuando la corriente de aire salva las crestas para descender hacia los valles suizos, se ha transformado en un viento seco que se va calentando a medida que desciende a razón de 1° cada 100 metros, es decir, dos veces más pronto que lo que se enfría al remontar la montaña.

Al llegar el fœhn al fondo del valle, es pues, cálido y seco.

Cuando sopla no está permitido a los habitantes de Suiza encender fuego, porque es tal su impetuosidad, que los incendios favorecidos por el viento, han destruído ciudades enteras.

El MISTRAL. — Sopla al sur de Francia, en el Valle del Ródano. Procede del NNE. con velocidades superiores a 8 metros por segundo. La frecuencia presenta sus máximos más netos, a decir de Galzi, uno en diciembre y otro en junio. Se originan por la diferencia de calentamiento entre los Cevennes y las partes bajas del valle y de la costa. La influencia de este viento poderoso, se siente en las Islas Baleares, donde la parte norte sólo puede mantener una vegetación raquítica y miserable.

Perturbaciones extraordinarias de la atmósfera. — *Ciclones intertropicales.* — Los ciclones propiamente dichos son tempestades circulares, cuyo mecanismo, en esencia, no difiere de un régimen ciclónico más que en la intensidad y en el hecho, que la observación continuada de las últimas décadas parece confirmar, de seguir trayectorias más o menos definidas.

Estos fenómenos, muy frecuentes en la zona de las calma - ecuatoriales, son conocidos también con las denominaciones de *huracanes, tifones* y *tornados* según las localidades. Las épocas más propicias para la formación de los ciclones, son en las Antillas y mares de China, en agosto y setiembre (25 %) y también de julio a octubre. En el Pacífico del norte, el 50 % de los ciclones ocurren en setiembre. En el océano Indico sur, se forman, en enero, febrero, diciembre y marzo. En otros lugares los meses difieren algo a los consignados. El mínimo barométrico se forma, generalmente, en ambos lados de la línea equinoccial y toma al principio movimiento de traslación paralelo al ecuador, con una velocidad media de seis a doce kiómetros horarios, pero no bien ha adelantado un trecho, la rotación de la Tierra le hace inclinar la trayectoria, hasta formar una curva muy marcada hacia el NO. o SO., según el hemisferio. Cuando el ciclón ha llegado cerca de la latitud 20° N. o 25° S., comienza de nuevo a tender hacia el N. o S. (siempre según el hemisferio) hasta que se hace resueltamente NE. o SE.

Esta trayectoria, verdaderamente parabólica, no siempre se cumple con exactitud, pues se citan numerosos casos en que los ciclones han tomado rumbos distintos, formando uno o varios rizos.

A medida que el mínimo barométrico se aleja del ecuador, la velocidad de traslación aumenta. Esta es muy variable: de 16 a 60 kilómetros por hora. Conviene establecer bien la diferencia de la velocidad de traslación y la de circulación. Esta alcanza un promedio de 160 kilómetros horarios, sin que hayan faltado casos en que la velocidad ha sido mucho mayor. El poder de estos fenómenos aéreos es enorme; basta decir que arrancan árboles añejos, derriban casas, y destrozan cuanto a su paso se opone. El diámetro del ciclón, que al principio es reducido, alcanza a poco de andar, cientos de kilómetros y concluye por extenderse hasta su disolución, pero de un modo muy general puede asegurarse, que la fuerza de impulsión del viento es inversamente proporcional al diámetro del fenómeno.

Parece ser que el lugar donde mayor fuerza destructora adquieren los ciclones, es en la zona tropical.

El centro barométrico acusa entonces una diferencia notable con la altura media, llegando hasta marcar 700 milímetros únicamente. En ocasiones como éstas, la proximidad del fenómeno se advierte en un descenso de la columna de mercurio, tan extraordinariamente rápido que se puede ver a simple vista.

A medida que el barómetro baja, la formación del remolino es más intensa y cuando aquél ha alcanzado su mínimo, puede decirse que el

fenómeno ha adquirido toda su violencia. En virtud de ese descenso barométrico de que hablamos, se establece en el centro mismo del ciclón una columna ascendente de aire, y en consecuencia una calma. De este modo, la violencia del huracán es, en ese centro, completamente nula y si no fuera por el movimiento de traslación de que se encuentra animado y que le hace cambiar de lugar, el medio más propicio para evitar las terribles consecuencias del fenómeno, sería encaminarse hacia el mínimo barométrico. Claro está que este razonamiento es puramente teórico, pues otros fenómenos, inherentes al ciclón mismo, impiden navegar en la dirección citada. En el Mar de las Indias, por ejemplo, donde el gradiente formado por el ciclón en el instante de producirse es verdaderamente grande, la columna ascendente del centro, es muy pronunciada, y la presión deja de actuar sobre las aguas. Entonces éstas se elevan, forman una enorme ola y si el centro está próximo a las costas, el agua, en proporciones gigantescas, invade la tierra o inunda el continente o isla a grandes distancias. Es así como en las costas bajas del Golfo de Bengala se han encontrado buques de elevado tonelaje, varados a cientos de kilómetros de la orilla del mar. A partir del centro del fenómeno, la presión, va aumentando milímetro por milímetro hasta nivelarse con la normal.

CAUSAS DE LOS CICLONES. — Dos teorías se reparten la preferencia de los sabios: la térmica y la mecánica.

La teoría térmica explica los ciclones por el calentamiento de las capas bajas de la atmósfera en estado de humedad especial, la cual tendería a mantener el fenómeno ascensional por la producción de un mínimo de larga duración.

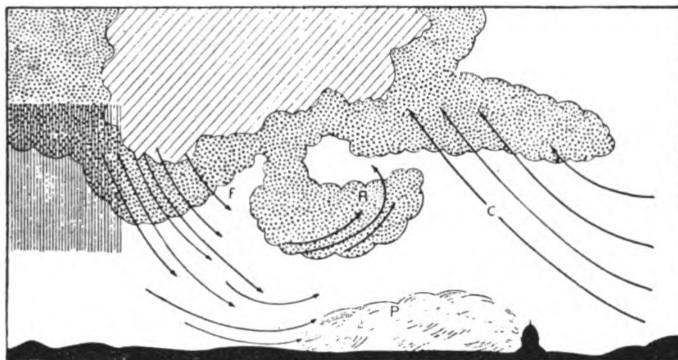
La teoría mecánica, explica los movimientos y la trayectoria de los ciclones en virtud de los dos grandes circuitos aéreos formados encima de los dos grandes circuitos marinos del Hemisferio Norte. Mientras en efecto, junto a las costas americanas, el viento se desplaza, sobre el Gulf Stream en dirección NE, en el circuito del Pacífico el viento marcha hacia el SE. Cuando estos dos torbellinos entran en contacto, una masa de aire es puesta en movimiento circular, siguiendo el camino que traza el aire más calentado. Según esta teoría los ciclones comenzarían en la estratoesfera y descenderían después al nivel del suelo.

En la mayor parte de América del Sur no hay ciclones intertropicales por la presencia de la cordillera andina que impide su trayectoria.

Perturbaciones locales. — Bajo este título agruparemos las tormentas, las trombas y los tornados, fenómenos violentos, pero de poca extensión. No son hechos aislados, como se creía antes, sino que están íntimamente ligados al estado general de la atmósfera.

TORMENTAS. — La Meteorología moderna, distingue tres clases de tormentas locales (*Humphreys*): tormentas de calor, borrascas ciclónicas y líneas de grains. Son en verdad, meteoros bien distintos, pero tienen de común el hecho de presentarse con manifestaciones eléctricas.

I. *Tormentas de calor.* — Son originadas por el calentamiento excesivo de las masas de aire junto al suelo, que nacen en los «pantanos barométricos» o dicho de otro modo, donde la presión atmosférica está muy nivelada, y reinan, por lo mismo vientos débiles o calmas. En la zona ecuatorial y en los trópicos, las tormentas de calor se presentan con una sorprendente regularidad. También se presentan en los collados barométricos o colas de ciclones próximos a ocluirse, con sus características isobaras en V o en los valles muy húmedos. Se presentan con cúmulos cada vez más próximos y más ennegrecidos en la base. Luego se transforman en cúmulonimbus hasta que la parte superior forma un yunque, característico, con producción de viento tibio en el suelo. Después, ya en desarrollo la tormenta, desciende una columna de aire frío y llueve, primero en gruesas gotas, acompañadas a veces de granizo y luego más finas, aumentando después de ésta la temperatura. En el barógrafo el paso de una tormenta de calor queda indicada con una subida en gancho (llegada del aire frío) y en el termógrafo con un descenso de 5° a 10°.



(De M. Coyecque).

FIG. 190. — *Dirección de las corrientes de aire en un cumulo-nimbus.*

a) *Tornados y trombas.* — La palabra «tornado» es propia de una perturbación del Senegal. Por extensión se la aplica a fenómenos análogos que ocurren en otras partes del mundo. Modernamente, se reserva el nombre de tornado para remolinos de poca extensión pero muy potentes que ocurren en tierra (trombas terrestres) y el de tromba para los que ocurren en el mar (tromba marina).

El tornado, es un remolino de corto diámetro que se forma debajo de una nube tempestuosa. Su centro está ocupado por una columna de aire ascendente. Este conjunto se traslada con velocidad máxima de 60 kilómetros y rara vez dura más de una hora. Su pasaje es de efectos de-

sastrosos pues tiene una gran fuerza debido al mínimo de presión que se forma en su centro. En los barógrafos queda indicada por una V muy aguda; pero como su diámetro es muy reducido, es raro que pase junto al aparato. Esa V es precedida por una suba, causada por la llegada del viento frío.

Célebres en el Río de la Plata son las trombas de 1805 y 1866 que azotaron a la ciudad de Buenos Aires. Los habitantes vieron oscurecerse rápidamente el cielo y avanzar una nube negra y a poco envolver las calles con una lluvia de barro espesa y copiosa.

b) *Las trombas de agua* o *marinas* ocurren en el mar. Las aguas favorecidas por el mínimo barométrico que forma el centro del meteoro, se agitan profundamente y se elevan a gran altura, al mismo tiempo que las nubes descienden. Tienen así lugar dos conos invertidos, unidos por una especie de columna formada por las mismas aguas.

En los países montañosos las trombas no pueden elevar polvo ni agua, pero en cambio, recogen nieve y pequeñas piedras que dejan caer después a largas distancias, ocasionando mucho daño a la agricultura. El geólogo Therbald, refiere haber visto trombas de piedra que tenían de 15 a 18 metros de anchura y a las cuales se atribuye el hacinamiento de pequeños guijarros y otras clases de piedras que suelen encontrarse amontonadas en ciertos puntos como si los hubiera hecho la mano del hombre.

II. *Las borrascas ciclónicas.* — En este tipo pueden incluirse los golpes de viento que acompañan al pasaje de una depresión. Se caracterizan, en los países del Río de la Plata, por la llegada de una corriente de aire cálido y húmedo procedente del NE. que perdura de 36 a 48 horas. Luego el viento rota al Este y al SE. La llegada de esta corriente fría se traduce por un fuerte golpe de viento y producción de precipitaciones que no cesan hasta que el viento ha rotado y se ha afirmado en el sudoeste (Pamperos). Son en realidad centros ciclónicos próximos a ocluirse o isobaras en V de gran amplitud y su duración es muy variable, pues depende en parte de la velocidad de traslación de la depresión móvil.

III. *Línea de grains.* — Son golpes de viento muy rápidos y de una duración muy limitada pero que causan graves daños, Durand - Greville, estudió estos fenómenos, íntimamente ligados a una sucesión de isobaras frexionadas en V y concordes entre ellas. La trayectoria del viento destructor, coincide así con el eje que une todas las V de las isobaras. No se necesita que el conjunto de la atmósfera presente aspecto tormentoso. El grain se presenta de pronto cesando rápidamente. En el barógrafo queda marcado un salto brusco (positivo o negativo) que es apenas de dos o tres milímetros y a veces de fracción de milímetro. La temperatura baja también bruscamente, aumenta la humedad relativa,

cambia repentinamente la dirección del viento, cae a veces granizo, etc. Un grain típico azotó a Montevideo el 9 de Junio de 1930 y destruyó 17 casas del Barrio Brazo Oriental [1], y a un fenómeno análogo atribuye el autor de esta obra la catástrofe del aeroplano Late 28, ocurrido frente a Montevideo meses antes, en un momento de absoluta calma.

HUMEDAD ATMOSFERICA

Humedad es la cantidad de vapor de agua contenido en la atmósfera. Según se refiera esa cantidad a una apreciación de lo que de ella existe en una masa de aire dada o a la que resulta de una apreciación con respecto al grado de saturación, se llama humedad absoluta o humedad relativa. Estudiaremos estas formas de apreciar la humedad, más adelante. La humedad es, cualquiera sea el medio de apreciarla o de medirla, un resultado de la evaporación.

La evaporación

La evaporación es la formación lenta de vapor en la superficie de un líquido. El vapor de agua formado en la superficie de las aguas entra, pues, a formar parte de los componentes de la atmósfera. Esta evaporación tiene lugar a todas las temperaturas pero su velocidad de producción es muy variable.

Cuando la evaporación se produce en un recipiente cerrado, cesa desde el momento en que el espacio queda saturado, es decir, cuando el vapor que se acumula en el recipiente alcanza la máxima fuerza elástica correspondiente a la temperatura en que se produce la experiencia. Por esta razón, cuando se trata de evaporación al aire libre, el espacio que puede ocupar el vapor es ilimitado y, la fuerza elástica no puede alcanzar un máximo, de modo que la evaporación continúa.

La rapidez de la evaporación está regida por las LEYES DE DALTON. Estas dicen: *La rapidez de la evaporación depende: 1º de la extensión de la superficie libre del líquido; 2º de la temperatura*; es tanto mayor cuanto más alta es ésta porque la fuerza elástica máxima de los vapores aumenta con la temperatura; *3º de la diferencia entre la fuerza elástica máxima y la fuerza elástica que posea el vapor en la atmósfera; 4º de la presión atmosférica,* puesto que es tanto más rápida cuanto menor es la presión, en razón de que la evaporación es instantánea en el vacío.

INSTRUMENTOS PARA MEDIR LA EVAPORACIÓN. — La ciencia no ha logrado aún construir un instrumento exacto para medir la evaporación. Se conocen tres tipos: el admidómetro o evaporímetro de Piche, el eva-

1. E. S. Giuffra. — "El grain del Brazo Oriental". 1930. Archivo del Observatorio de la Universidad. Montevideo.

porímetro de flotador y el evaporímetro de balanza. Aquí sólo nos ocuparemos del primero.

El admidómetro o evaporímetro de Piche. — Se compone de un tubo cilíndrico de vidrio de unos 30 centímetros de largo y 1 centímetro de diámetro, cerrado por un extremo y graduado en milímetros y décimos de milímetros. Una vez de llenado con agua se tapa con un disco de papel secante de superficie y espesor conocidos que vende la fábrica y sostiene un resorte de alambre junto al tubo. Hecho ésto, se invierte el aparato, de modo que el agua es absorbida por el papel secante. A medida que el agua se evapora desciende el nivel del líquido contenido en el tubo, de modo que traduce en milímetros el agua evaporada.

VARIACIÓN DIURNA Y ANUAL DE LA EVAPORACIÓN. — Las variaciones que experimenta en un día y en el transcurso de un año la evaporación tiene gran analogía con las variaciones diurna y anual de la temperatura. En la sucesión de las horas del día, la velocidad de la evaporación es mínima al levantarse el sol y máxima una o dos horas después de pasar el sol por el meridiano, según la estación que se considere.

La variación mensual es tanto más rápida cuanto más caluroso sea el mes considerado. Por esta causa, la evaporación máxima ocurre en Diciembre - Enero y la mínima en Junio - Julio.

Humedad absoluta y relativa

Debido a la evaporación, el aire atmosférico está cargado de vapor de agua. Los meteorologistas miden con mucha escrupulosidad el valor de la humedad del aire, pues su importancia en el estado del tiempo es considerable. Las radiaciones infrarrojas dan, en efecto, al vapor de agua, un poder absorbente más elevado que el aire que lo contiene, de lo cual resulta que bajo la influencia solar el aire húmedo es más caliente que el seco. De cualquier modo, su formación o desaparición origina variaciones térmicas importantes, pues el vapor de agua tiene un gran calor latente de evaporación. Se calcula, en efecto, que un kilogramo de vapor de agua puede alterar la temperatura de 2.000 metros cúbicos de aire.

LA HUMEDAD ABSOLUTA. — La cantidad de vapor de agua que existe en el aire en un momento dado, se llama *humedad absoluta* y puede ser expresada de distinta manera:

1º *Por el peso en gramos de vapor de agua contenido en un metro cúbico.* — Es, aparentemente, el método más sencillo, pero la Meteorología no hace uso de él por no existir ningún método rápido para efectuar su medida. Por lo demás, tiene este sistema el inconveniente de

que los pesos del vapor de agua contenido en un metro cúbico varía con la temperatura.

2º *Por la fuerza elástica o tensión del vapor de agua.* — El vapor de agua atmosférico tiene cierta fuerza elástica o tensión que se traduce en una presión que forma parte de la presión que la atmósfera ejerce sobre los cuerpos. En las clases de física se prueba experimentalmente esto encerrando en un espacio conteniendo aire húmedo un barómetro. Introduciendo, luego de haber efectuado una lectura, una cantidad de ácido sulfúrico que tiene la propiedad de absorber rápidamente el vapor de agua, se puede comprobar que, de inmediato, se produce un descenso de la columna del barómetro. Es que la presión ha disminuido en una cantidad igual a la fuerza elástica del vapor de agua a la presión que la humedad ejercía sobre las paredes del vaso. De este modo, la cantidad de humedad contenida en el aire puede ser representada por la fuerza elástica o tensión del vapor de agua.

HUMEDAD RELATIVA. — Es la relación que existe entre la cantidad de vapor de agua contenida y el peso máximo (saturación) que podría contener el aire a la misma temperatura. Si, por ejemplo, a 20º de temperatura la humedad absoluta fuese de gramos 23.52 por metro cúbico y se necesitan 31.5 para que el aire se sature a dicha temperatura, la humedad relativa será

$$\frac{23.52}{31.5} = 0.75$$

lo que quiere decir que el aire contiene el 75 % de lo que debiera tener para llegar a la saturación.

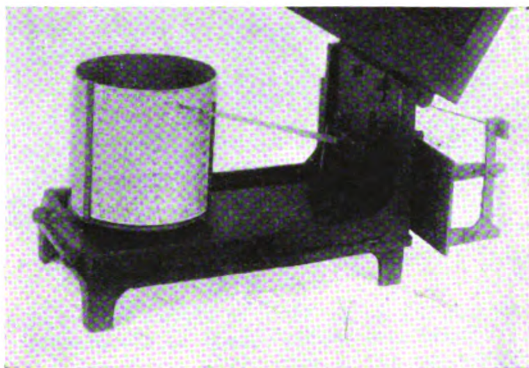
I. Aparatos para medir la humedad atmosférica

La Meteorología se vale de dos clases de instrumentos para medir la humedad atmosférica: 1º de los Psicrómetros; 2º de los higrómetros de cabello. Estos, a su vez, son de cuadrante y registradores.

a) *Psicrómetros.* — Dos termómetros muy sensibles están colocados uno junto a otro. Uno de ellos tiene su cubeta al aire libre; el otro envuelta en un trozo de muselina o por una mecha de algodón cuya extremidad va a sumergirse en un recipiente conteniendo agua. Esta sube por capilaridad hacia la cubeta y la moja, produciéndose en su superficie una evaporación que se traduce en una extracción de calor de la ampolla termométrica. Por consiguiente, la columna de dicho termómetro desciende, mientras la del otro permanece a la misma altura. Cuanto más intensa es la evaporación más diferencia hay entre los dos termómetros. La lectura de ambos termómetros y una de la presión baromé-

trica permiten, mediante la utilización de tablas especiales, calcular el estado higrométrico del aire.

b) *Higrómetros de cabello. — Higrómetros de cabello con cuadrante.* Hay varios instrumentos de esta clase, pero el más comúnmente usado es el higrómetro de *Saussure,* nombre del físico que lo inventó. Consiste en un marco de metal en el que hay colgado un pelo que se envuelve en una pequeña rondana [1]. En su extremo inferior hay un contrapeso de unos 2 gramos que lo mantiene tirante. El eje de la rondana lleva una flecha o aguja que se mueve sobre una escala graduada en el marco. Cuando la atmósfera está cargada de vapor de agua, el pelo se extiende y la aguja se mueve. Lo mismo, pero en sentido inverso, ocurre cuando está seco: el pelo se encoge y la flecha ocupa un lugar diferente. Los puntos extremos de la escala se marcan de acuerdo con el grado de saturación de la atmósfera y el del aire completamente seco.



(Fot: Pablo Ferrando).

Fig. 191. — *Higrómetro Registrador Richard.*

Graduación del higrómetro de cabello. — Se introduce el aparato debajo de una campana donde se hace variar el estado higrométrico desde la sequedad mediante una materia absorbente (cloruro de calcio, ácido sulfúrico, etc.) hasta el grado de saturación mediante la utilización de una superficie evaporante.

Los higrómetros de cabello no dan ni cifras exactas ni siquiera comparables entre ellos. La experiencia ha puesto de relieve que el alargamiento del pelo no es proporcional al estado higrométrico del aire. Aún cuando los higrómetros comunes presentan sus graduaciones equidistantes, en rigor debieran estar más juntas a medida que el estado higométrico se eleva. Por lo demás, el alargamiento del cabello, varía con el tiempo.

c) *Higrómetros registradores.* — Los higrómetros registradores más comunes tienen por base de su funcionamiento el principio del higrómetro de cabello. Un haz de cabellos previamente desengrasados, se encuentra sostenido por dos soportes. Su longitud es algo mayor que la distancia que separa ambos soportes. En su mitad, un gancho sostiene

1. Este pelo debe ser previamente desengrasado, colocándolo en una disolución de carbonato de soda en ebullición alrededor de media hora.

una pesa ligada a un dispositivo amplificador (fig. 191). Cuando el cabello se alarga en virtud de un aumento del estado higrométrico del aire, desciende la pesa, lo cual hace que suba el brazo inscriptor.

Instalación del higrómetro registrador. — El higrómetro registrador tiene que colocarse dentro de la casilla meteorológica, cerca del psicrómetro y del termómetro que van a servir para efectuar su corrección. El higrómetro es un aparato muy sensible a las rachas de viento, de suerte que conviene tenerlo en las condiciones mejores contra este elemento, pues de lo contrario su diagrama aparecerá lleno de fluctuaciones que dificultan su justa lectura.

Variación diurna y anual de la humedad. — La humedad, al par que la temperatura y la presión del aire, tiene, durante el día su máximo y su mínimo. Si bien es cierto que la cantidad de vapor de agua contenido en un metro cúbico de aire (humedad absoluta) varía poco en 24 horas, no es menos cierto que la humedad relativa sufre continuas fluctuaciones.

El número y el máximo de la humedad absoluta, corresponden al mínimo y al máximo de la temperatura diurna.

En el verano, la humedad absoluta presenta un mínimo durante la noche (enfriamiento nocturno) y otro mínimo a la hora del mayor calor (de las 14 a las 15). Los máximos ocurren a las 13 y a las 20.

El mínimo de las 15 h. se explica porque el aire calentado fuertemente asciende con rapidez arrastrando consigo la evaporación y haciendo que la humedad, con ser muy intensa por la evaporación, quede reducida en sus proporciones junto al suelo.

En cuanto a la *humedad relativa*, puede decirse que está en razón inversa a la temperatura y en razón directa a la nebulosidad.

La capacidad de saturación del aire aumenta más rápidamente que la temperatura, de modo que aunque en realidad el aire contenga más vapor de agua durante las altas temperaturas, él está más lejos del punto de saturación.

Estos hechos pueden comprobarse también en la distribución anual de la humedad.

En el Uruguay, la entrada de la brisa del mar, más fresca que el aire ambiente y más rica en humedad, modifica bruscamente la condición térmica o higrométrica del aire.

La humedad relativa da un promedio anual de 74 centésimas y alguna fracción. Su marcha, alcanza su máxima en Junio y su mínima en Enero.



(Fot. F. Ellerman).

Fig. 192. — *CIRRUS.* — *Los cirrus son nubes filamentosas, más o menos agrupadas en formas alagadas. Su presencia anuncia la llegada, a plazo más o menos breve, de un cuerpo de nubes que cubrirá el cielo, con probabilidades de lluvias.*

NUBES — ESTADO GENERAL DEL CIELO

Las nubes tienen igual origen que las nieblas. Su diferencia sólo consiste en la magnitud de las gotas de agua que contienen unas y otras, pues son mayores en las primeras que en las segundas. Hay también otra diferencia que podríamos llamar circunstancial y que sólo depende del observador. Las nieblas son vistas a cortas distancias o en medio de ellas y las nubes se ven a gran altura y de un modo puramente externo. De esta suerte, la persona que mire las nubes desde el nivel del mar, puede creerlas transformadas en nieblas subiendo una montaña rodeada por aquéllas.

Estado del cielo. — La observación del estado del cielo y de las nubes se ha tornado, en los últimos años, elemento indispensable de la función de todo observatorio meteorológico. Lejos de constituir las nubes aspectos dependientes de las formas isobáricas y particularmente de las depresiones, como se creía antes, ellas constituyen una relación compleja con dependencia de distintos elementos meteorológicos.

Para un buen estudio de las nubes con relación al estado del tiempo, es necesario considerar:



(Fot. del Observatorio Nacional).

FIG. 193. — *CUMULUS - NIMBUS.* — *La masa sombría que está a la izquierda, avanza. El borde está iluminado por el sol y se presenta como deflocado por la acción del viento. En la parte alta de la derecha se ve el cielo despejado, cuya luz se refleja en las aguas de la Bahía de Montevideo. (23 de Abril de 1917 a las 16 h. 25).*

1º La nebulosidad total.
2º La nebulosidad parcial.
3º Su movimiento.

1º **Nebulosidad total.** — Comprende el estudio y apreciación numérica de las partes del cielo que están cubiertas por las nubes. La apreciación se hace en décimos. El 0 corresponde al cielo descubierto, o sea absolutamente claro y sin nubes; el 10 al cielo enteramente cubierto.

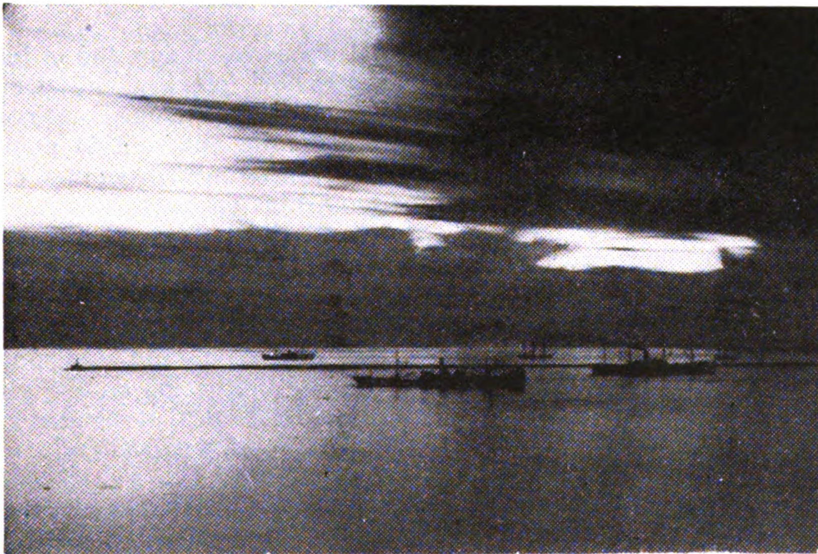
2º **Nebulosidad parcial.** — Para una apreciación del valor del estado del cielo, es necesario proceder a la clasificación de las nubes.

La práctica y la observación ha demostrado que las nubes tienen en todo el mundo las mismas formas y que se trasladan en el cielo en agrupaciones ordenadas y sucesivas, a modo de un verdadero ejército. Para el observador de una estación, las nubes van transformando su aspecto a medida que pasan. A este conjunto de nubes que se traslada sin alterar su organización, se llama *Sistema de Nubes*.



(Fot. del Observatorio Nacional).

FIG. 194. — *CUMULUS con base nimbosa. Véase la distinta iluminación del mar por interposición de la masa nubosa.*



(Fot. del Observatorio Nacional).

FIG. 195. — *CIRRUS-ESTRATUS, sobre la Bahía de Montevideo.*



(Fot. Observatorio Nacional).

FIG. 196. — *NIEBLA. — La niebla tan frecuente en el Rio de la Plata, constituye un serio obstáculo a la navegación.*

I. CLASIFICACIÓN DE LAS NUBES

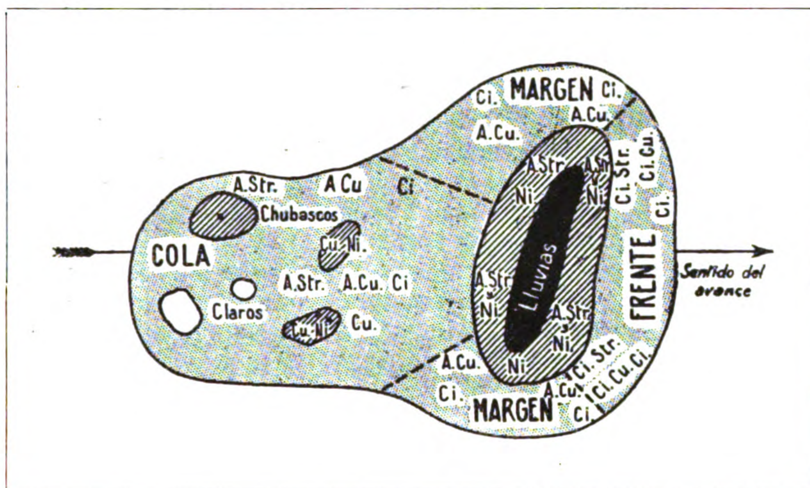
El primero en intentar una nomenclatura de las nubes fué el inglés Howard. En 1891 se adoptó una clasificación internacional y cinco años después se publicó el "Atlas Internacional de Nubes", colección de fotografías presentando los diversos tipos de nubes. Esta publicación sumamente útil fué objeto de importantes modificaciones en la edición de 1910, la cual está en estos momentos agotada.

En las páginas siguientes utilizaremos la clasificación del Observatorio de Montsouris especializado en la observación de las nubes. Ella no se aparta, en lo substancial, de la clasificación internacional y en cambio tiene la ventaja de aclarar muchas descripciones.

Para una mejor adaptación a las ideas modernas de la sucesión nubosa, la dividiremos 1º por su altura; 2º por su situación en el Sistema Nuboso, introduciéndole todas aquellas modificaciones, agregados y supresiones que demande una exposición clara y de fácil utilización.

Sistema de nubes. — Según Schereschewsky y Wehrlé ["Les sytémes nuageux", pág. 2] si se disponen las observaciones de una red muy cerrada de estaciones meteorológicas respecto de la distribución y clase de las nubes en tiempo presente y en tiempo pasado, sobre una carta geográfica, se comprueba de inmediato que los *aspectos del cielo de dos lugares vecinos no son independientes*. Por ejemplo: los puntos donde

caen simultáneamente lluvia (cuidándose de no comprender bajo esta denominación los chaparrones y las brumas) cubren áreas geográficas más o menos alargadas. Estas zonas de lluvia están englobadas en superficies más grandes de cielo cubierto bajo; a su vez, estas superficies



(Según Scherechewsky y Wehrlé).

Fig. 197. — *Esquema de un sistema de nubes.*

están precedidas adelante y bordeadas a los flancos por bandas relativamente estrechas de cielo muy nuboso, pero formada por nubes elevadas; atrás tienen una región extensa de cielo con aspecto muy variado: chaparrones, cielo con trozos despejados y visibilidad horizontal muy buena.

Frente. — Se llama frente del sistema nuboso, a las avanzadas del sistema.

Margen, a los bordes laterales del conjunto formado por nubes elevadas.

Cuerpo. — Al conjunto más denso de nubes que ocupa el centro del sistema y da generalmente lluvias.

Cola, a la parte posterior del sistema caracterizado con grandes claros en el cielo y lluvias aisladas y fuertes vientos.

Entre un sistema y otro pueden presentarse nubes de intervalo (nubes locales).

a) Nubes de frente y de margen[1]

Corresponden a las más elevadas del sistema: cirrus y cirro - stratus.

CIRRUS *(Ci)*. — Nubes aisladas, delicadas, de textura fibrosa, en forma de pluma, generalmente de color blanco. Presentan las formas más variadas como mechones aislados de hilos sobre el cielo azul, de hilos ramificados como los de las plumas, hilos curvados; terminando por pelotones llamados algunas veces *cirrus uncinus*, etc.; algunas veces dispuestos en bandas que atraviesan una parte del cielo como meridianos y, por un efecto de perspectiva convergen hacia uno o dos puntos opuestos del horizonte. (Según esto, los cirro-stratus y los cirro-cumulus participan en la formación de estas bandas).

Los cirrus están *siempre* compuestos de cristales de hielo, lo cual les da una transparencia característica. Por lo común cuando pasan delante del sol, debilitan apenas su intensidad. Cuando son muy espesos, difuman la luz del astro y borran su contorno como lo haría un vidrio esmerilado.

CIRRO - STRATUS *(Ci - st)*. — Velo fino, blanquizco, muchas veces difuso y dando solamente al cielo un aspecto blanquecino (llamado entonces *cirro - nebula*) y otras mostrando más o menos distintamente la estructura fibrosa de filamentos neblinosos. Este velo da lugar a halos lunares y solares.

La *bruma* puede dar al cielo un aspecto blanquecino muy parecido al de un *ci - st - nebulosus*.

CIRRO - CUMULOS *(Ci - Cu)*. — Constituyen pequeños copos blancos sin sombra o con sombra muy débil que están dispuestos en grupos y frecuentemente en líneas.

Es muy difícil apreciar de pronto cuando se trata de Cirro - cumulus o de Alto - cumulus. Se reservaría la denominación de cirro - cumulus a las nubes cuyo grupo no comprenda ningún cuerpo voluminoso.

El sistema nuboso puede no pasar por su eje mayor en la estación que se le observa. Es así frecuente que el sistema sólo sea visto por su flanco. En este caso es difícil decir cuando el observador está aislado, si los cirrus pertenecen al frente o a un margen, pues los cirrus se hallan indistintamente en los dos sectores. Pero si bien no puede distinguirse el frente del margen por los cirrus en sí, puede, a veces, lograrse la clasificación por la sucesión nubosa. En el frente, las nubes pasan en el siguiente orden:

---

1. Descripción tomada literalmente de Besson ("La clasification détaillée des nuages").

Cirrus
Cirrocumulus
Cirrostratus; a veces alto - cumulus.

En el margen es:

Cirrus
Cirrocumulus lenticulares.

b) Nubes de cuerpo

Las nubes del cuerpo nuboso están representadas por los alto - stratus y los nimbus.

ALTO - STRATUS *(A - Str)*. — Velo espeso de color gris o azulado. Tanto está formado por una masa compacta gris - sombría de estructura fibrosa; tanto es delgado parecido a un cirro stratus espeso que deja ver vagamente el Sol o la Luna bajo el aspecto empañado que da un vidrio esmerilado. Esta forma muestra todas las transiciones entre el A - St y el Ci - st, pero su altura es la mitad de esta última.

NIMBUS *(Nb.)*. — Capa espesa de nubes oscuras, sin forma, de bordes desgarrados, de donde cae generalmente la lluvia y de ahí el nombre «nube de lluvia» que suele dársele, sin que esto quiera decir que la existencia del nimbus implique forzosamente la lluvia. Por los intersticios que pueden presentar los nimbus se ve casi siempre una capa elevada de cirro stratus o de alto stratus. Si la capa de Nb se desgarra en pequeños trozos o si se le ve flotar en pequeñas nubes por debajo de un gran Nb, se le puede distinguir bajo el nombre de *fracto - nimbus* (fr. - Nb).

La capa de nimbus puede volverse casi uniforme o enteramente uniforme durante la lluvia, pero este estado es ordinariamente transitorio. Es únicamente por una observación prolongada que se puede distinguir esta clase de nimbus de los alto stratus uniformes y de los stratus. Los nimbus en capa continua muestran frecuentemente en su parte superior contornos redondeados como los de los cumulus. El «*Atlas Internacional*» prescribe anotar en este caso *nimbus cumuliformis*. La ausencia de base plana diferencia estas nubes de los cumulus.

c) Nubes de cola

El pasaje de la cola de un sistema está caracterizado por la presencia de restos de alto - stratus, cumulo - nimbus, alto - cumulus y fracto cumulus.

ALTO - STRATUS. — Ya descriptos, sin que se pueda definir claramente si pertenecen al cuerpo o a la cola del sistema.

CUMULO - NIMBUS *(Cu Nb)*. — Masas potentes de nubes que se observan en forma de montañas, de torres o de yunque, acompañadas generalmente en lo alto por un velo o pantalla de textura fibrosa («falsos cirrus») y en lo bajo por masas nubosas parecidas a nimbus.

De su base caen de ordinario chubascos o chaparrones locales de lluvia o de nieve (algunas veces de granizo o de «gresil»). Tanto los bordes superiores tienen la forma compacta de los cumulus y forman poderosos mamelones alrededor de los cuales flotan falsos cirrus delicados, tanto los bordes mismos se destacan en filamentos análogos a los cirrus.

Nubes de intervalo

Las nubes de intervalo entre dos sistemas están representadas por los cumulos locales.

CUMULUS *(Cu)*. — Nubes espesas, cuya cima forma cúpula y está guarnecida de protuberancias, mientras que la base es casi horizontal.

Estas nubes parecen formarse en un movimiento ascensional diurno casi siempre observable. Cuando la nube se presenta a la puesta del sol, las superficies que se presentan de frente al observador son más brillantes que el borde de las protuberancias. Cuando la luz viene de costado, como es lo común, estas nubes ofrecen variedades de sombra muy fuertes; del lado del Sol, al contrario aparecen sombreadas con un reborde claro.

LAS PRECIPITACIONES

La Meteorología llama *precipitación* al vapor de agua contenido en la atmósfera que por saturación u otra causa se condensa formando agua líquida o sólida. Son, pues, precipitaciones el rocío, la escarcha, la niebla, la lluvia, la nieve y el granizo.

I. ROCÍO

Causas del rocío. — En 1848, el Dr. Wells proporcionó la explicación del rocío que antes se atribuía a lluvias imperceptibles y a segregaciones de la humedad de los cuerpos. El rocío aparece en forma de pequeñas gotas que cubren las plantas y demás cosas expuestas a la intemperie. Según las explicaciones de Wells, los cuerpos que han absorbido gran calor durante las horas de altas temperaturas, lo irradian a los espacios durante la noche. A consecuencia de ello, se produce un enfriamiento del cuerpo y la capa de aire que está en su contacto se satura primero y luego expide el exceso de vapor correspondiente al calor del cuerpo. Es, ni más ni menos, el fenómeno observado en el higrómetro de Daniel.

Influyen, pues, en la cantidad del rocío:

1º *El poder emisivo de la superficie y la mayor o menor conductibilidad del cuerpo,* pero no todos los cuerpos tienen igual irradiación: es, por ejemplo, muy intensa en el vidrio y muy débil en los metales.

2º *La exposición del cuerpo al entero contacto del aire.* (Es bien sabido que los cuerpos cubiertos reciben de su resguardo una gran cantidad de calor).

3º *El despejamiento del cielo.* Las nubes evitan la formación del rocío porque impiden la irradiación y el descenso de temperatura.

4º *La inmovilidad del aire.* El rocío sólo se forma cuando el aire está en reposo, pues las corrientes no permiten su formación, debido a que irradian el aire en contacto con la Tierra.

CÓMO SE MIDE EL ROCÍO. — La ciencia no dispone hasta ahora de un aparato perfecto para medir el rocío. Los llamados *drosómetros* están lejos de ser perfectos. El método más sencillo y por lo mismo el más divulgado, es el de utilizar una placa de vidrio, muy transparente y delgada (medio milímetro), marginada con cera que se coloca horizontalmente al anochecer previa una prolija pesada. Al amanecer del día siguiente, antes de que se levante el sol, se procede a efectuar una segunda pesada. La diferencia en peso, acusará la cantidad de rocío.

II. Helada o escarcha

Causas análogas a las del rocío producen la *helada o escarcha,* pero sólo cuando las temperaturas descienden por debajo del cero. Entonces los pastos se cubren de finísimas agujas de hielo, que forman conjuntos exagonales o de gotas congeladas y la superficie de los estanques y de los recipientes con agua se solidifican.

Es un fenómeno de sobrefusión que se produce cuando a un viento tibio y húmedo, sucede uno muy frío de manera brusca. En general, la helada es propia de los países en los cuales la temperatura suele cambiar súbitamente, como ocurre en el nuestro

Medida de la escarcha. — No se conoce ningún procedimiento exacto de medida. Suele usarse, no obstante sus grandes imperfecciones, el método de las pesadas o bien avaluar su importancia por el agua derretida medida en un drosómetro.

III. Las nieblas y brumas

La niebla es una nube que se mantiene en el espacio, junto a la tierra, privando al aire de su transparencia. Dos circunstancias pueden provocar la formación de la niebla:

1º Cuando la tierra se enfría mucho y se forman corrientes de aire procedentes del mar, cargadas de vapor de agua.

2º Cuando las aguas conservan una temperatura más alta que la del aire.

Las nieblas circumpolares (Banco de Terranova) pertenecen al primer caso; las del Río de la Plata y de casi todos los grandes ríos y lagos del mundo, son del segundo.

La niebla es una condensación en torno de un núcleo (material o eléctrico). Como todos los cuerpos pesados cae, regulando su descenso según la ley de Stokes

$$v \; 1.3 \; r^2 \; 2 \times 10^2$$

en que r es el radio de la esferidad en milímetros.

Visibilidad horizontal. — La niebla y en general, el vapor de agua suspendido en la atmósfera, empaña la visibilidad. La lluvia, por el contrario, no ejerce ninguna influencia. Se llama visibilidad a la distancia máxima a la cual un observador puede identificar, en sus rasgos principales, un objeto cualquiera. Para la meteorología, sin embargo, la visibilidad debe referirse, por ejemplo, a la distancia en que pueda distinguirse a simple vista las aberturas de un edificio, si un cerro o montaña tiene o no vegetación, si tal punto del horizonte es un árbol o si la línea blanca que corre a lo lejos es un camino o un río.

Cuándo debe anotarse «niebla». — Cuando la visibilidad horizontal sea igual o inferior a 1000 metros, debe anotarse «niebla».

Algunas veces los stratus muy bajos producen la impresión de niebla pero no debe calificarse de tal si la visibilidad horizontal es superior a 1000 metros.

Cuándo debe anotarse «bruma». — Se clasificará de «bruma» la invisibilidad más allá de los 1000 metros.

IV. LLUVIA

La precipitación no es sino un caso de condensación acuosa y la lluvia un modo de la precipitación. Hemos visto, en efecto, que las nubes están formadas de pequeñas gotitas de agua en continuo descenso. Estas gotitas pueden reunirse y formar gotas más grandes a cuyo descenso opone menos resistencia el aire y por lo tanto puede llegar con gran velocidad hasta el suelo. La reunión de estas gotas así formadas se denomina lluvia.

La meteorología clásica establecía una relación directa entre la presión atmosférica y las precipitaciones. A los centros de baja presión correspondían, según ella, las precipitaciones; a las altas presiones, el buen tiempo. La meteorología moderna, en cambio, si bien reconoce

cierto vínculo entre ambos fenómenos, no les atribuye sino un grado de parentesco. Los estados del cielo y la nebulosidad, no son concomitantes exclusivamente con las bajas presiones, y, por otra parte, parece ejercer una acción principal en las precipitaciones el estado térmico.

La escuela meteorológica noruega orientada principalmente por los Bjerknes y Solberg y la escuela meteorológica francesa a cuyo frente se encuentra el general Delcambre, Scherewchewsky, Wekrlé y la brillante plana mayor de la Office National Météorologique de Francia, han dado nuevas vistas, a estas cuestiones.

a) La lluvia según la escuela noruega

Por principios físicos, la condensación puede producirse:

1º *Por enfriamiento directo,* debido a la irradiación o al contacto (rocío).

2º *Por mezcla* con masas de aire más frías (generalmente precipitaciones escasas).

3º *Por enfriamiento adiabático,* cuando el aire pasa en movimiento ascensional a menores presiones y se expande produciendo la condensación del vapor de agua.

Clasificaciones de Bjerknes

Bjernes clasifica las lluvias en cuatro grupos o clases:

1º Lluvias ciclónicas.
2º Aguaceros de inestabilidad.
3º Lluvias orográficas o de relieve.
4º Nieblas.

Para la mejor comprensión hay que recordar aquí el concepto de los *frentes térmicos y superficies de discontinuidad.*

Cuando en un lugar el pasaje de un punto cualquiera a otro vecino es acompañado de un brusco cambio de propiedades, se dice que hay una discontinuidad. Si se unen los puntos donde tiene lugar esa discontinuidad, se habrá formado una *superficie de discontinuidad.* Esta puede referirse a la discontinuidad de algunos de los elementos componentes del aire (la temperatura, por ejemplo) como de todos sus elementos. De este modo la discontinuidad puede ser también física y cinemática, al mismo tiempo. Es el caso de una masa caliente que choca con otra fría, dotadas una y otra de velocidades diferentes.

Helmholtz había demostrado ya en 1889 que en el caso de dos corrientes de aire dotadas de velocidades y de direcciones distintas, la estabilidad de la superficie de discontinuidad que las separa hace que la corriente de menor densidad se sobreponga a la más densa y que esta superficie sea inclinada sobre el horizonte en un ángulo que aumente proporcionalmente a la latitud.

Las superficies de discontinuidad están inclinadas hacia el lado frío

formando un ángulo con la horizontal que varía entre 1° y 0°1 y su intersección con la superficie de la Tierra forma los frentes fríos y calientes (fig. 170).

FRENTE FRÍO. — Una cuña de aire frío se introduce en el aire caliente, lo cual provoca movimientos ascensionales. La presencia de la superficie de discontinuidad se pone de manifiesto efectuando sondajes sucesivos. Así, por ejemplo, si en un lugar se efectúa un sondaje con un globo - sonda, se comprueba que el pasaje del globo a través de la superficie se traduce en una inversión térmica o en un retardo del descrecimiento de la temperatura con la altitud. Repitiendo la experiencia con un intervalo prudente, se tiene que la capa de inversión ha subido, como es lógico imaginarlo suponiendo el desplazamiento de la línea de intersección.

Los movimientos ascensionales del aire caliente empujado por el aire frío, da lugar a su vez a un enfriamiento del aire y condensación del vapor de agua que contiene.

En el frente frío se ve la siguiente sucesión nubosa:

Alto - cumulus lenticulares
Alto - stratus
Nimbus.

FRENTE CALIENTE. — El aire caliente (fig. 170 c) que llega, se superpone a una masa de aire frío que primitivamente ocupaba la región. Como es menos denso que el aire frío se elevará sobre la superficie de discontinuidad, produciendo por expansión el enfriamiento de la masa, con la consiguiente precipitación. Las lluvias de frente caliente son de mayor duración que las de frente frío. La sucesión nubosa en este frente será:

Cirrus
Cirro - stratus
Cirro - cumulus
Alto - stratus
Nimbus.

1° *Lluvias ciclónicas.* — Comprende dos tipos: a) *La lluvia de frente frío;* b) *La lluvia de frente caliente,* ambas ya explicadas.

2° *Aguaceros de inestabilidad.* — Cuando se producen fuertes insolaciones, los cúmulos que se originan se elevan y condensan por enfriamiento directo. Este es el origen del *sereno,* si bien el aire ascendente no llega a constituir nubes.

En el mar, el mismo fenómeno tiene por causa la existencia de corrientes de aire caliente.

3º *Lluvias orográficas o de relieve.* — Las masas de aire transportadas horizontalmente, chocan con las pendientes montañosas y tienden a subir. Como el aire se enfría a medida que se eleva, condensa el vapor de agua transportado y llueve al pie de la montaña. Por esta causa, las zonas de mayor pluviosidad del mundo coincide con la base de las altas montañas opuestas al mar.

4º *Las nieblas* (ya explicadas).

b) Las lluvias según la escuela francesa

La escuela meteorológica francesa no establece, en rigor, un nuevo sistema del que iniciara Shaw en Inglaterra y continuaran los Bjerknes y Solberg en Noruega. Es, simplemente, un punto de vista distinto del mismo fenómeno. Mientras la escuela escandinava considera el desarrollo de las perturbaciones atmosféricas como una consecuencia térmica, la escuela francesa investiga la sucesión nubosa como una consecuencia de los estados atmosféricos que crean las perturbaciones. Son, pues, elementos complementarios. Que ello es así, lo demuestra la coincidencia de los sectores atribuidos a un pasaje nuboso. Gráficamente podría decirse que los noruegos ven el fenómeno en perfil vertical, mientras que los franceses lo analizan en su proyección plana.
Véase lo dicho anteriormente respecto al pasaje nuboso según la escuela de Delcambre, Wehrlé y Schereschewsky.

Medida de la lluvia

La lluvia caída se aprecia con el pluviómetro. Los pluviómetros son de dos clases: simples y registradores. Los primeros son generalmente destinados a las estaciones de 2ª y 3ª clase [1]. Los segundos, a las de 1ª clase o sea a las estaciones meteorológicas regionales.

EL PLUVIÓMETRO SIMPLE. — El Observatorio Nacional destina a sus estaciones de 3ª clase, pluviómetros de un tipo que se adapta a todas las exigencias de los convenios internacionales de meteorología.
El pluviómetro se compone:

El *recipiente* tiene capacidad suficiente para admitir las más prolongadas y copiosas lluvias que puedan ocurrir en el término de 24 horas.

El *aro* es la parte delicada del pluviómetro. Cualquier deformación

---

1. Al ponerse en vigor la nueva reglamentación interna del Observatorio Nacional, actualmente en estudio, el instituto constará de un Observatorio Central, con material completo de Meteorología y Astronomía; estaciones de 1ª clase, con instrumental meteorológico completo para observaciones regionales; estaciones de 2ª clase, con pluviómetro y termómetros, y estaciones de 3ª clase, exclusivamente pluviométricas.

que experimente, por pequeña que sea, altera de una manera sensible el valor real de las lluvias registradas. Debe, pues, evitarse que se le golpee o comprima.

La probeta está graduada en décimos de milímetros.

Cómo debe instalarse el pluviómetro simple. — El pluviómetro debe colocarse en un poste a 1 m. 50 del suelo, entendiéndose por esta altura la que media entre el suelo y el reborde del aro receptor de la lluvia. Además, debe procurarse instalar el aparato en un lugar distante, por lo menos, 4 metros de cualquier obstáculo o muro. Conviene tomar esta precaución para evitar toda modificación de la caída del agua provocada por los remolinos y desviaciones del viento.

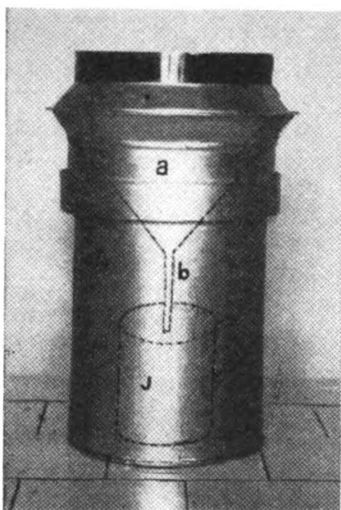


Fig. 198. — *PLUVIOMETRO*

De igual modo es necesario que el recipiente esté perfectamente fijo, pues cualquier oscilación modifica la superficie de recepción del agua.

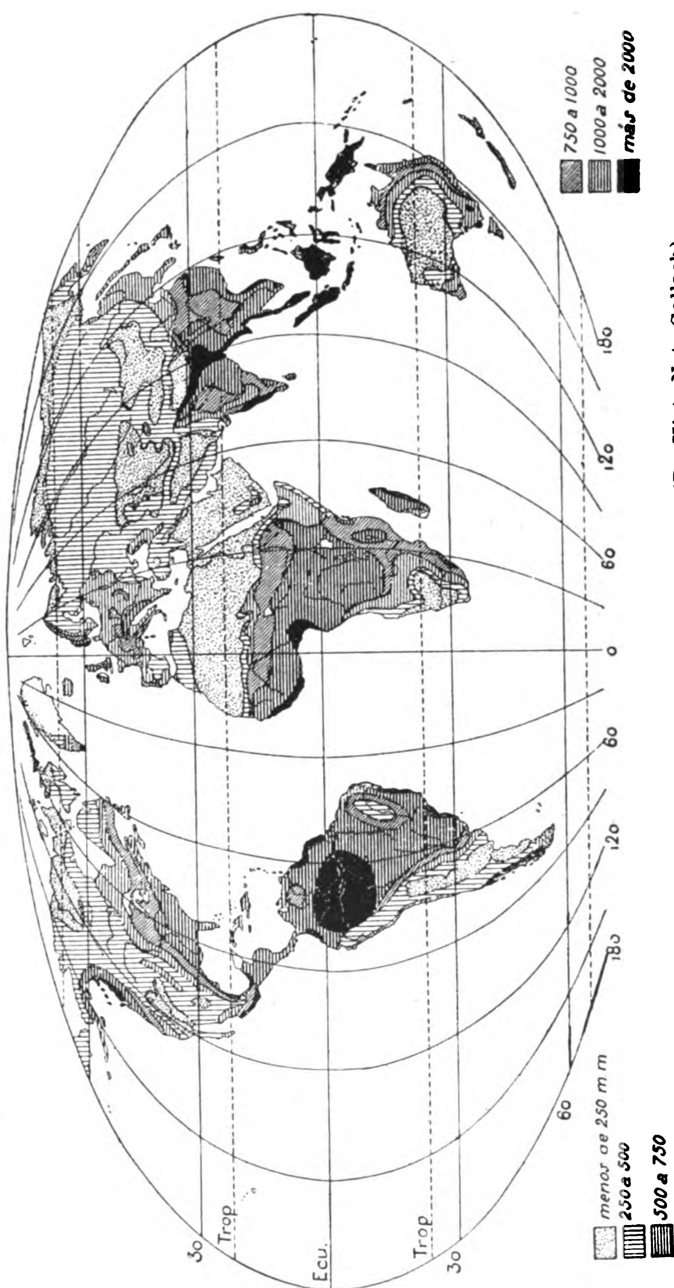
Si el pluviómetro no se halla correctamente colocado, proporcionará menor cantidad de agua que la que corresponde. Debe, pues, asegurarse su buena horizontalidad con un nivel o cualquier otro procedimiento.

Las paredes provocan movimientos ascensionales del aire que hacen disminuir la cantidad real del agua caída. Por esta razón no conviene instalar los pluviómetros en las azoteas.

Hay instrumentos registradores de la lluvia. El Observatorio Nacional usa preferentemente el tipo Hellmann - Fuess (fig. 200). Este registra no solo la cantidad total sino también las parciales, instante por instante, mediante el mecanismo combinado de un flotador y de un tambor registrador.

El Servicio Pluviométrico del Observatorio Nacional es un organismo destinado a proporcionar los datos relativos a la caída de lluvias, sus beneficios o perjuicios para los campos, plantaciones e industrias ganaderas, y por lo tanto, reviste excepcional interés para el país. Este se realiza diariamente por telégrafo y semanalmente por planillas que envía cada estación al Observatorio Central.

IMPORTANCIA DE LA INTENSIDAD Y REPARTICIÓN DE LAS LLUVIAS. — La altura de la lluvia anual es de suma importancia para el clima y la agricultura. Si, por ejemplo, el desierto de Sahara, recibiera los beneficios de la pluviosidad, sería muy distinta su naturaleza y si la región amazónica sufriera una sequía prolongada, desaparecerían todas sus sel-



(De Hist. Nat. Gallach).

Fig. 199. — *Distribución geográfica de la lluvia anual*

vas. Basta mirar una carta donde se encuentre consignada la pluviosidad anual, para darse una idea de la influencia que en ello ejerce el factor geográfico.

Entre los trópicos, donde, como hemos visto, el aire tiene dirección ascendente, las lluvias son copiosas. En general, la intensidad mayor de esta zona se encuentra al norte de la línea equinoccial. En el Océano Indico hay una zona de calma sobre el Ecuador durante el verano, pero en el invierno se traslada de 10 a 15 grados al Sur. Se producen así dos zonas lluviosas: una en el Ecuador y otra en el hemisferio Sur.

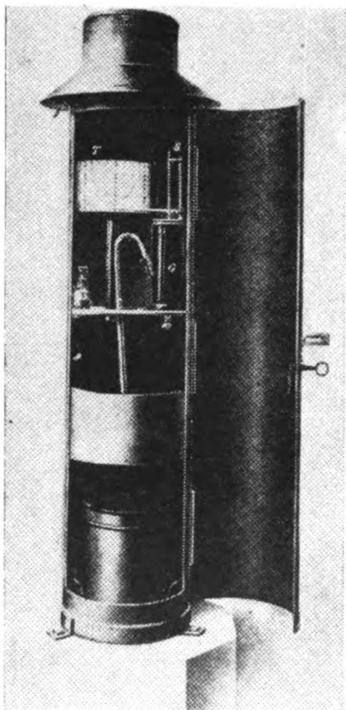
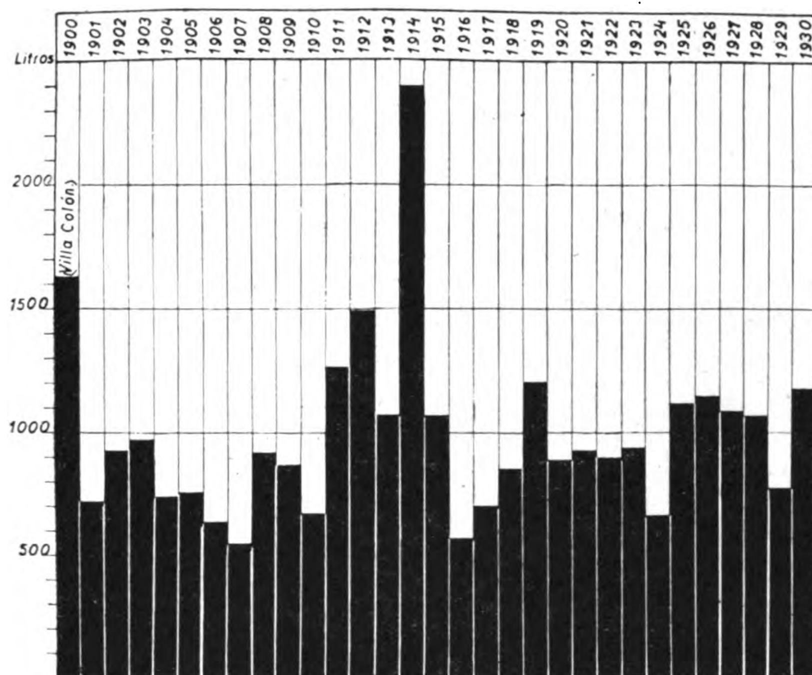


FIG. 200. — *Pluviógrafo Hellmann Fuess.*

El aire tiene, por el contrario, movimientos descendentes en las zonas de las calmas, por lo cual las lluvias son casi nulas. (Desiertos de Sahara, Libia, Persia, Perú, Kahalari, etc.).

A partir de los trópicos hacia los polos el aire tiene, al nivel del suelo, un movimiento predominante en dirección polar. Siendo de esta suerte y en virtud del movimiento de traslado de que está poseída la masa aérea, cada vez más fría, primero se producen copiosas lluvias, por efecto de la rápida condensación del vapor de agua que contiene, pero después se vuelve seco y muy frío, lo que hace suponer que las regiones extremas no deben recibir cantidades crecidas de lluvia. Es de hacer notar que las depresiones barométricas tienen una gran influencia en la distribución de la lluvia. Por eso las zonas de mayor frecuencia de las depresiones son las que reciben mayor cantidad de lluvia (este de los Estados Unidos, Canadá, oeste de Europa, etc.).

Influencia de los vientos por su origen. — La procedencia de los vientos predominantes tiene una gran influencia en la altura y frecuencia de las lluvias. Así las costas occidentales de Escandinavia son más regadas que las orientales por efecto de la procedencia de los vientos atlánticos y las del sur de Asia reciben la influencia de los monzones y están, por consiguiente, sometidas las lluvias a la periodicidad que les proporciona su procedencia o no del Océano Indico. En el sur de América Meridional donde los vientos predominantes son del oeste, la lluvia es abundante del lado de Chile, en tanto que son escasas al este de la Cordillera.



(Dib. del autor).

Fig. 201. — *LLUVIA EN MONTEVIDEO. — Total de agua caída en el intérvalo 1900 - 1930 (Prado).*

Influencia del alejamiento de la costa. — La altura anual está sometida también a la proximidad de los mares. Las siguientes cifras demuestran que a medida que las tierras están más alejadas del océano, menor es el valor pluviométrico anual, salvo que el relieve o alguna circunstancia local lo impida.

Delft	763	mm.
Berlín	580	"
Moscú	534	"
Kasan	392	"
Barnaoul	270	"

En Montevideo, el promedio anual de lluvia caída por metro cuadrado es de 960 milímetros, más o menos, pero los valores absolutos se apartan bastante de esta cifra. Así el año 1914 arrojó la extraordinaria cantidad de 2.400 milímetros, en tanto que el año 1892 sólo dió 440. El trienio 1891 - 93 se caracterizó por el período de sequía más intenso que registran los anales meteorológicos del país.

Nieve. — Cuando la condensación del vapor de agua contenido en la atmósfera se realiza a una temperatura inferior a cero grado, en lu-

gar de precipitarse en forma de lluvia, lo hace en copos de descenso muy tardío, a causa de que su densidad es varias veces menor que la del agua. Esto no obstante, puede decirse que la densidad de la nieve es muy variable pues se han notado valores comprendidos entre 0.03 y 0.12. La más frecuente es de casi $^1/_{10}$, o, lo que es lo mismo, un centímetro de nieve equivale a un milímetro de lluvia. La nieve aumenta en densidad con el tiempo.

En su formación, las gotas de agua toman aspecto de agujillas que luego, al aumentar de volumen, presentan cristales de infinidad de formas, generalmente parecidas a estrellas de seis puntas. Kaemtz pudo contar 620 formas distintas de cristalización y actualmente se han contado más de mil. Pero esta cristalización no es transparente, debido a que los cristales no son macizos: tienen dentro cierta cantidad de aire, lo que hace que la reflexión de la luz les dé un color muy intenso. Algunos autores creen que la nieve pasa directamente, en su formación, del estado de vapor al sólido, sin licuarse. Esta suposición es rechazada generalmente.



FIG. 202. — *NIEVE.* — *La nieve mirada al microscopio presenta una gran variedad de formas, casi todas con disposición exagonal.*

La nieve es 2.000 veces más mala conductora de calor que el cobre; 3 veces que el agua y 10 que el hielo. Atenúa los efectos del frío, provocado por el viento y la radiación.

En el Uruguay sólo muy excepcionalmente se ha registrado caída de nieve.

La nieve se mide del mismo modo que el agua de lluvia, es decir, por medio de un pluviómetro dentro del cual se deja fundir para luego avaluar en milímetros el agua procedente de ella (nivómetro).

Desde el punto de vista geográfico, la duración de la nieve caída tiene una gran importancia. Resguarda el suelo contra la helada con lo cual favorece a los vegetales. «Las partes de la Siberia donde las precipitaciones son demasiado débiles porque la nivosidad invernal se forma antes de la llegada de los grandes fríos, tienen su suelo helado casi todo el año; el cultivo es allí absolutamente imposible. Por el contrario, la cubertura de nieve favorece la radiación y contribuye a acentuar el enfriamiento del aire durante la noche. Es después de las grandes caídas de nieve que se producen siempre los golpes de frío más severos en Europa Central y Occidental.» [*86*, 4ª ed. I. p. 192].

Por lo demás, la caída de nieve tiene especial importancia en el estudio del régimen de ciertos ríos.

Granizo. — Se llama granizo a la caída de masas de hielo bastantes compactas, provenientes de una rápida condensación de gotas de agua que atraviesan capas de aire inferiores en temperatura a 0 grado.

Su tamaño es muy diverso y, en general puede decirse que varía dentro de un peso inferior a 300 gramos, pero se citan numerosos casos en que estas medidas son sobrepasadas. El año 1891, en Cerros Colorados (Florida) cayó granizo del «tamaño de huevos de gallina» [*161*, p. 276]; en 1906, en Montevideo, se midieron piedras de «tres a cinco centímetros» y en Asunción del Paraguay en Mayo de 1897, «de 4 a 6 centímetros». [*161*, p. 280 y 28

Pueden, pues, explicarse, los destrozos que esta clase de precipitación ocasionan. No solamente la agricultura sufre intensamente, sino también el ganado y los edificios. Durante la citada granizada de Mayo de 1897, «los edificios y establecimientos públicos de la Asunción, techados con teja francesa, quedaron a cielo descubierto». [id. p. 280].

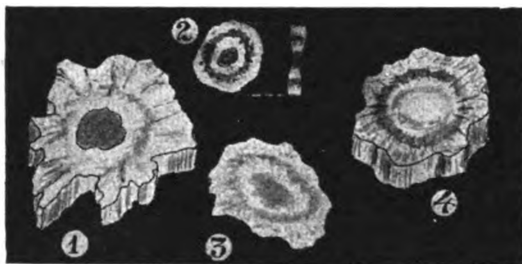


FIG. 203. — *GRANIZO. — Diferentes formas obtenidas durante una granizada en Montevideo.*

Muchas hipótesis se han ideado para explicar este fenómeno, pero ninguna enteramente satisfactoria. La observación ha demostrado que el granizo se produce siempre con tiempo tempestuoso y que parece provenir de los *cumulo - nimbus,* nubes que siempre están dotadas de una gran capacidad eléctrica.

Modernamente, los meteorologistas y físicos se inclinan a creer que el granizo es un fenómeno de origen eléctrico. Dauzer, director del Observatorio del Pic du Midi, especializado en su estudio y después de treinta años de observación compartidos con J. Bouget, ha llegado a la conclusión (1929) de que depende del estado eléctrico de la atmósfera y el lugar de caída de la constitución geológica del suelo.

ELECTRICIDAD ATMOSFERICA

Si con un electrómetro sensible se mide el potencial de la atmósfera algunos metros encima del suelo, se ve que existe un valor diferente del que existe al nivel del suelo mismo, pues se ha comprobado que *el potencial de la atmósfera crece con la altitud.* En efecto: cada metro de elevación, término medio, aumenta el potencial alrededor de 95 a 120 voltios (*gradiente eléctrico de aire*). *A. Versin* dice que después de una caída de lluvia se produce casi siempre fuerte elevación del potencial.

De igual manera que una esfera metálica *aislada* y cargada de elec-

tricidad negativa, provoca un aumento de potencial a medida que nos alejamos de su superficie, la Tierra, esfera aislada en el espacio y cargada de electricidad negativa, determina un aumento de potencial a medida que nos alejamos de su superficie.

Carga negativa de la Tierra. — En 1856, el físico inglés W. Thomson (Lord Kelvin) emitía ya las primeras ideas acerca de la existencia de la carga negativa de la Tierra, cuyo origen lo buscaba en los comienzos de la formación del planeta. Como la Tierra es una esfera conductora, se comporta, del punto de vista electrostático como todas las esferas: la carga se encuentra enteramente en su superficie. Al mismo tiempo, el Sol le envía corpúsculos electrizados, que intervienen en todas las manifestaciones de la electricidad atmosférica. La resultante de todas estas causas, es lo que constituye el *campo eléctrico terrestre.*

Campo eléctrico de la atmósfera. — Si el campo eléctrico de la atmósfera no resultase más que de la carga negativa de la superficie del globo debería ser constante en el tiempo y variar en el espacio proporcionalmente a la altura sobre el suelo; en una palabra: el gradiente eléctrico debería ser constante. Por el contrario: la observación demuestra que *el campo eléctrico de la atmósfera sufre fluctuaciones incesantes* que se manifiestan por variaciones diarias con dos máximas y dos mínimas y variaciones anuales con una máxima en invierno y una mínima en verano. Estas fluctuaciones parecen depender de la humedad absoluta, de la temperatura, de la radiación solar, de la pureza del aire y hasta de la presión atmosférica. [*Traber, Meteorología,* p. 113].

Las investigaciones realizadas en las altas capas de la atmósfera, parecen demostrar que la diferencia de potencial se anula casi en las capas superiores del aire y que las variaciones diurna y anual ocurren sólo en las capas más bajas. Por otra parte, las variaciones de estas capas demuestran que el aire no es un aislador perfecto [id. p. 114] y que tiene, por el contrario cierta conductibilidad. Esto equivale a decir que el aire está *ionizado*. La ionización consiste en la separación de una molécula eléctricamente neutra en dos grupos atómicos, uno positivo y otro negativo. Varias causas producen la ionización: los rayos ultra-violetas, los X, y en general todos los cuerpos radio activos. Modernamente se ha podido comprobar la existencia de iones libres en la atmósfera. La superficie de la Tierra tiene la propiedad de rechazar los iones negativos y atraer los positivos, en virtud de su carga negativa.

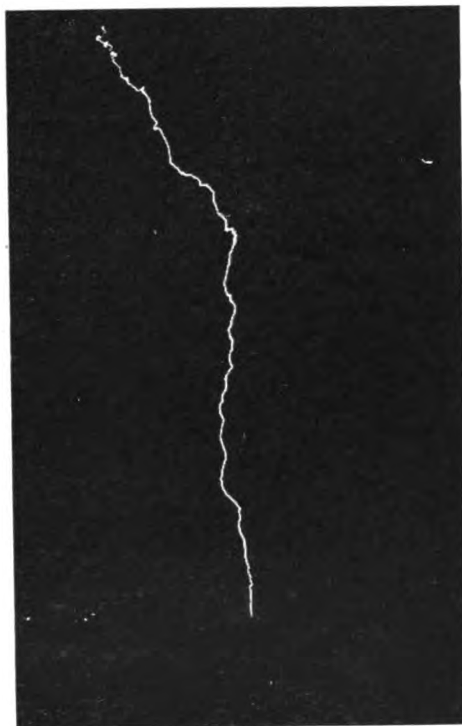
Fenómenos eléctricos de la atmósfera. — No hay sólo en la atmósfera *nubes visibles* formadas de gotitas de agua condensada o de agujas de hielo; hay también lo que se puede llamar *nubes secas,* es

decir, masas de aire conteniendo una fuerte proporción de vapor de agua *no condensado* y capaz de recibir cargas eléctricas considerables. La presencia de nubes cargadas es lo que causa las variaciones bruscas del campo eléctrico, variaciones que pueden ser de una importancia tal, que, en ciertos casos, el mismo campo puede variar el signo.

RAYO. — Las nubes electrizadas, cargadas a un potencial muy elevado dan nacimiento (cuando llegan a aproximarse mucho unas a otras) a descargas bruscas y violentas que se efectúan ya sea entre ellas ya entre una nube y la tierra. Las chispas de estas descargas constituyen el *rayo* y la luz que lo acompaña el relámpago.

Las puntas y altos edificios son, por lo general, muy atacados por los rayos. Esto se debe a que el aire ambiente se vuelve conductor y la punta saliente absorbe los electrones del aire o proyecta al espacio los electrones del suelo, según el conocido fenómeno llamado «poder de las puntas» enseñado en los cursos de Física.

El *Pararrayos de Franklin* es una aplicación del poder de las puntas. Este tiene la doble misión de prevenir la caída del rayo (acción muy secundaria) y de evitar la descarga eléctrica, neutralizando la electricidad de la nube.



(Fot. Obs. Nacional).

FIG. 204. — *RAYO. — El rayo es una descarga eléctrica producida entre nubes o entre una nube y la tierra. Esta fotografía fué obtenida en el Observatorio Nacional el 6 de Julio de 1916.*

Junto a los ríos y en terrenos arenosos, suelen encontrarse, cavando la tierra, unas piedras de forma cilíndrica y un largo de varios metros cuyo aspecto externo es marcadamente vítrea. Tal cosa no es sino la *fulgurita* o sea la fusión de la arena producida por la caída de una chispa eléctrica.

EL RELÁMPAGO es la luz producida por la chispa del rayo. Se conocen tres clases de relámpagos: lineales, difusos y globulares. Los primeros, llamados también *culebrinas,* no se propagan en línea recta sino formando ángulos entrantes y salientes, debido a la distinta conductibilidad de las masas aéreas que atraviesa, más o menos cargadas

de humedad. No siempre son de luz blanca, sino que suelen ofrecerla rojiza, violada y azul intensa. Los hay sencillos y ramificados.

La clase menos frecuente de los relámpagos es la llamada globular. Consiste en bolas iluminadas, de un metro o más de diámetro, que corren por el suelo y duran breves instantes, desapareciendo ya en un estallido, ya por disminución de su volumen. Su liviandad es muy grande y basta un soplo cualquiera para hacerlas cambiar de rumbo. Aunque por lo general no ocasionan daño, pueden producirlo a manera del rayo.

Durante las noches de estío suelen verse en el horizonte relámpagos sin que existan nubes en el cielo. Son los llamados *relámpagos de calor*. Los físicos han tratado de investigar las causas que los producen y han llegado a la conclusión de que sólo se trata de la reflexión de relámpagos lineales muy lejanos, producidos bajo el horizonte, y, por lo tanto, invisibles para el observador.

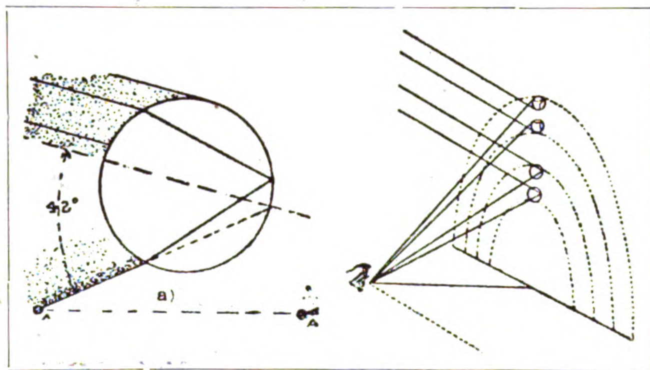


Fig. 205. Fig. 206.

El ruído que acompaña a las descargas eléctricas se llama *trueno*. Aún cuando es simultáneo con el relámpago, sólo se oye después de transcurrido un instante, debido a la diversidad de velocidades en que se propagan la luz y el sonido.

En efecto; mientras la primera recorre cerca de 380 mil metros por segundo, el último sólo anda 340 metros en igual tiempo. Teniendo en cuenta estos datos, puede calcularse de un modo aproximado la distancia de la nube donde se produce la descarga, con sólo observar el tiempo que media entre el relámpago y el trueno.

FENOMENOS OPTICOS DE LA ATMOSFERA

El arco iris. — Es debido a la descomposición de los rayos solares al atravesar las gotas de agua que flotan en el aire después de una lluvia. Se le observa teniendo por fondo una nube oscura y estando el espectador de espaldas al Sol. Supongamos una gota de agua de forma esférica (fig. 205) la cual recibe el rayo de luz por la parte superior. Este se refracta y la atraviesa pero al llegar al otro extremo, una parte de él abandona la gota, al par que la otra se refleja y cruzando de nuevo la gota se refracta otra vez y toma la dirección A que corres-

ponde al ojo del observador. La multiplicidad de gotas proporciona los colores que son siete dispuestos de arriba a abajo en esta forma: rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, añil y violeta.

Es muy frecuente que a un arco iris principal, acompañe otro secundario y concéntrico, algo más tenue en su luminosidad y con el orden de los colores invertido. Esto se debe a que el rayo luminoso, en lugar de entrar por la parte superior, lo hace por abajo. (Fig. 206).

Las dimensiones del arco iris son tanto más amplias cuanto más bajo está el sol y si la elevación de éste es mayor de 42 grados, el fenómeno es invisible por cuanto se forma fuera del horizonte. Para que el círculo se vea completo es preciso encontrarse a gran altura, como ser en una montaña o en un globo.

Los *arcos iris lunares* son mucho menos intensos que los producidos por el Sol y pocas veces son visibles.

Corona y halos. — Las coronas y halos son círculos luminosos que se observan alrededor de la Luna y del Sol. Su formación, como la del arco iris, es debida a la reflexión y refracción de los rayos luminosos del Sol o de la Luna.

Pero los halos y coronas son, por lo común, blanquizcos, siendo aquellos menos frecuentes que éstas. Los meteorologistas han comprobado que los halos se forman en las nubes compuestas de partículas de hielo, al paso que las coronas tienen su origen en el vapor de agua.

Es este un dato que conviene tener presente en las observaciones. Ocurre en ciertas ocasiones que los halos no se presentan enteramente circulares, sino que les falta la parte inferior y presentan además otros secundarios completos y arcos o trozos de ellos en diversas disposiciones. La intersección de los arcos es muy brillante, lo cual hace que cuando no se perciben claramente los círculos, aparezcan como cruces. Los físicos han designado a esa intersección de los halos con el nombre de *parahelios* o soles falsos y *paraselenes* o falsas lunas.

Círculo de Ulloa. — El teniente de navío español Antonio Ulloa, recorría, en el siglo XVIII, la Cordillera de los Andes con objeto de efectuar la medición de un arco de meridiano, cuando pudo observar que a cierta distancia y como si tuviera apoyo en la niebla, se reproducía su silueta en medio de un círculo luminoso con los colores del prisma. Más tarde otras personas comprobaron la repetición del fenómeno, al cual se denominó "Círculo de Ulloa", en honor del primero que lo había observado. Para que este fenómeno sea visible, es preciso que la temperatura reinante sea muy baja y el espectador tenga el sol a su espalda.

Espectro de Brocklen. — Por causas muy semejantes a las de las coronas y halos, vale decir, por refracción y reflexión, se forma el espectro de Brocklen. La silueta del espectador se reproduce gigantes-

camente [1] y disminuye en nitidez a medida que se aleja del centro que ocupa el observador. Como en el caso del arco iris, la imagen es percibida en un lugar determinado, que varía conjuntamente con el espectador, vale decir que cada uno ve una imagen y un arco.

Espejismo o miraje. — Es una ilusión óptica que hace ver a la distancia los objetos invertidos, ya en el cielo, ya en la atmósfera. Cuando el espejismo se presenta, se cree asistir a la desaparición del suelo a la distancia de algunos metros y transformarse en una masa ondulante parecida al agua. Los espejismos son muy frecuentes en los países cálidos de terrenos arenosos, como ser Egipto, donde se han podido presenciar los más hermosos. Esto no impide que en países templados el fenómeno suela presentarse. Los viejos habitantes de las costas del departamento de Rocha dicen haber visto muchas veces sobre las arenas oceánicas, el fenómeno del espejismo. Arturo W. Mata, pudo constatar personalmente la producción de espejismos en las mencionadas costas de Rocha, y en el verano de 1929, el profesor Giuffra anotó uno de forma espectacular en la Rambla Wilson (Montevideo), pues parecía que el mar había invadido la tierra.

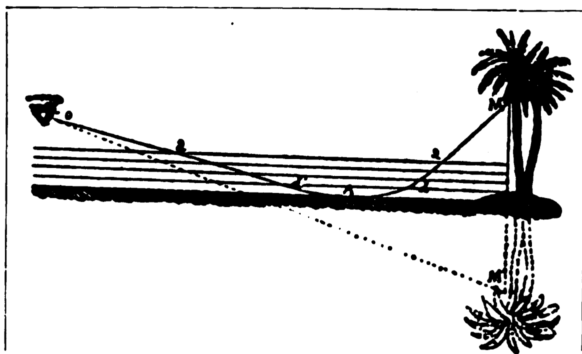


FIG. 207. — *Teoría del espejismo.*

Las causas del miraje no fueron conocidas hasta que Monje, uno de los acompañantes de la expedición científica que siguió a Napoleón en su expedición a Egipto, las dió a conocer. Las capas de aire, en contacto con la arena caldeada, elevan su temperatura por irradiación y pronto suben a las altas regiones de la atmósfera, capas que son substituidas por otras más frías. Este cambio en los días serenos, se opera muy lentamente y en consecuencia, llega un momento en que las capas inferiores son menos densas que las superiores hasta una altura determinada. En este momento el observador puede ver un objeto distante y elevado, como ser la copa de un árbol (fig. 207) completamente invertido. Pero al mismo tiempo, un rayo que parte de *M* toma la dirección *M a* y refringiéndose toma la línea *Ad' a'*, para penetrar en el ojo como procedente de *M'*.

En los mares fríos el espejismo se manifiesta reproduciendo los buques en el aire, de modo invertido. El capitán Scoresby, jefe de un

1. Los físicos no aceptan ésto, porque los rayos solares deben considerarse paralelos, dada la enorme distancia de donde proceden.

ballenero, refiere que en cierta ocasión reconoció la nave de su padre que se hallaba a una distancia de 50 kilómetros.

El espejismo suele ser lateral, cuando las capas tienen distintas densidades y en lugar de presentarse horizontal lo hace verticalmente. Un muro calentado por los rayos solares en una atmósfera fría, produce el espejismo lateral.

Cuando las capas se presentan curvas e irregulares, los objetos parecen dispersos o dislocados, teniendo diversidad en sus direcciones, que toman al reproducirse, el nombre de *fata morgana.*

Auroras polares. — Se llama *aurora polar* («boreal» o «austral», según el polo en que se produzca) a un fenómeno que ocurre en las altas latitudes y que se presenta a modo de un arco de luz, muchas veces ondulante como los pliegues de un gallardete lanzado al viento, en franjas y rayos dirigidos al zenit.

APÉNDICE

Para Bikerland (1889) las auroras polares se debían a radiaciones corpusculares del Sol; de la naturaleza de los rayos catódicos, absorbidos por los polos magnéticos de la Tierra. Svante Arrhenius (1903) admite la existencia de polvos o partículas cósmicas lo suficientemente pequeñas para que la presión de radiación de Maswell, venza la fuerza de la gravedad. [B. CHAVAUX, "Electricite atmosphérique", III, p. 230].

Así expulsadas por el Sol y por los astros análogos, estas partículas, que representan las porciones más ténues de las materias proyectadas en las erupciones potentes que revelan las protuberancias y las manchas, se expanderían a través de los mundos llevando una carga negativa y dejarían positiva la capa gaseosa (corona) que envuelve el astro de las cuales emanan.

Estas partículas negativas, al llegar a nuestro planeta se acumularían en las partes más elevadas de la atmósfera, las cuales, cargadas de ese modo y bajo la influencia del ultra - violeta solar, producirían descargas en forma de rayos catódicos. Estos rayos catódicos penetrando a un medio más denso, formarían las auroras boreales. Como puede verse, hay en esta concepción un hecho fundamental e ineludible para que la hipótesis responda a la realidad: las partículas cósmicas tienen que estar cargadas negativamente. Arrehnius no ha olvidado explicar el origen de esta carga En efecto: para él en las erupciones solares deben producirse gigantescos fenómenos eléctricos como los que, como débil muestra, se pueden observar en los fenómenos volcánicos terrestres; ahora bien: los rayos catódicos o los rayos Roetgen de esas descargas, producirán en la parte superior y rarificada de la atmósfera solar una ionización de la masa gaseosa. Los iones negativos, serían, así, verdaderos centros de ionización de la masa gaseosa y las partículas repulsadas por el Sol adquirirían de esta suerte formas negativas.

Más recientemente Lard Vegard de Oslo, en trabajos aparecidos en 1912 y 1916 modificando la hipótesis de Birkeland, sustituyó la emisión solar de naturaleza catódica por emisiones (alfa) y las cargas negativas anormales por cargas positivas. Pero en esta su primitiva concepción, el sabio noruego se vió obligado a admitir, como todos los físicos modernos, la existencia en las altas capas de la atmósfera de un gas ligero (hidrógeno, helium o geocoronium), no sin abrigar a este respecto grandes dudas. Creyó pues, del caso, fundamentar sus ideas en observaciones directas, sobre todo de índole espectral, con el objeto de averiguar la naturaleza del color verde hasta entonces desconocido. Trasladado a Tronsoe, cerca de los 70º de latitud N. pudo comprobar que las líneas azules, violetas y rojas del espectro de la luz auroral se deben al nitrógeno, sin llegar por ello a aclarar el misterio de la luz verde. Pensó, sin embargo que esto podría deberse a la solidificación del nitrógeno, admitiendo, al efecto, la existencia de un frío extremado en las regiones donde las auroras se producen. Estas regiones nunca inferiores a 85 kms. de la tierra y casi siempre a 95 y 120 kms., deben tener un enrarecimiento tal que bien puede comparársele al de los tubos de vacío, punto de partida de estas investigaciones. Para verificar sus sospechas, el profesor Vegard se trasladó a principios de 1925 al Instituto de Física de Leyden (Holanda), donde un grupo de sabios realiza experiencias con la técnica del frío.

Allí pudo, en efecto, obtener la solidificación del nitrógeno a 211º bajo cero. Logrado esto, pasó sobre la masa una irradiación eléctrica, que hizo fulgurar el cuerpo con una intensa luz verde. Cesada la irradiación, la masa continuó emitiendo luz, pero cada vez con intensidad menor, hasta desaparecer totalmente. Vegard acababa de asestar un fuerte golpe a diversas teorías de la atmósfera.

Más allá de la atmósfera efectiva de los meteorologistas modernos, debe existir una capa donde partículas infinitamente pequeñas de matería, se hallan en estado de solidificación.

¿El color azul del cielo es, acaso, debido únicamente, a la longitud de las ondas luminosas? La telegrafía sin hilos ¿no podría encontrar en ésto el por qué de las diferencias notadas en las trasmisiones durante la noche y el día, el verano y el invierno? Algunos fenómenos acústicos, como los que se relacionan con los estampidos y su percepción a la distanciá, ¿no tendría, en esta hipótesis de Vagard, una explicación aceptable?

LA PREDICCIÓN DEL TIEMPO

El objeto inmediato de la Meteorología es la predicción del tiempo. Todas esas minuciosas compilaciones y estadísticas de los observatorios nos muestran «cómo se comportan los elementos del aire en sus diversas manifestaciones dinámicas», pero nuestros deseos no se detienen ahí: van más lejos y nos inducen a averiguar «por qué» es que actúan de la manera que hemos observado. El problema en sí, se ha dicho, es anunciar el tiempo «que hará», sabiendo el tiempo «que hace».

Así planteado, puede dividirse dicho problema en dos partes:

1º Predicción del tiempo a corto plazo; 2º Predicción del tiempo a largos plazos. Veamos, pues, por orden, cómo se procede en cada circunstancia:

I. Predicción del tiempo a corto plazo

Se entiende por corto plazo, un término menor de 48 horas. Para realizar un pronóstico del tiempo, con caracteres científicos, es preciso, en primer término, disponer de una red meteorológica. Esta se compone de cierto número de estaciones de observación que abarcan una gran extensión territorial. Por eso todos los países necesitan estar de acuerdo para que sus observatorios puedan intercambiarse datos. Cada estación hace sus observaciones a la hora reglamentaria y las comunica por telégrafo o por radiotelegrafía al observatorio del cual depende. Este a su vez los trasmite a otros y recibe los que a él le envian. Con estos datos se procede a construir una serie de cartas o mapas que representan el estado de cada elemento, en el momento de la observación en el espacio que aquellas abarcan: cartas de isobaras, de estado del cielo, clase de nubes, variaciones barométricas, tendencias etc.

La forma que afectan las isobaras (líneas de igual presión) fué hasta hace pocos años, el elemento de juicio fundamental de que disponían los meteorologistas para investigar el tiempo futuro, pues se había relacionado algunos de sus aspectos con la producción de la lluvia. Dentro de la meteorología que podemos llamar clásica, la presencia de un centro ciclónico intenso justificaba una predicción de lluvia en el sector SE. y S. de la depresión, pues se había observado estadísticamente que muchas veces esa disposición isobárica producía precipitaciones. Las isobaras en V, tuvieron también gran importancia y a ellas se vincularon las lluvias y los fuertes golpes de viento. En cambio, el anticiclón, era símbolo de tiempo bueno y estable. Pero los disgustos de los meteorologistas que se ceñían a estos sistemas fueron sin cuento.

En la actualidad los Observatorios toman el aspecto isobárico sólo

como un elemento de jucio, pues prefieren, para el pronóstico a corto plazo, operar con variaciones. Los trabajos de Delcambre, de Scherechewsky y de Wehrlé sobre todo, tienen a este respecto un gran interés. Estos meteorologistas han vinculado los sitemas nubosos a las variaciones de la presión y así han demostrado que el cuerpo de un sistema coincide con las variaciones negativas en 24 horas más pronunciadas y la cola con las débiles alzas siguientes, en lugar de correlacionarlas con las formas isobáricas. Es más todavía, Delcambre ha demostrado que el cuerpo del sistema de nubes se sitúa a las 12 h. en el lugar que ocupan las variaciones en tres horas (variaciones que experimenta el barómetro 3 horas antes de la observación) y que a las 12 h. siguientes está un tercio del recorrido más adelante. Esto permite dar al pronóstico una seguridad que antes no podía lograrse con los métodos en uso. Pero, naturalmente, la técnica del sistema es complejo y no puede ser objeto de un estudio elemental.

Los noruegos, por su parte, vinculan la predicción del tiempo al concepto del frente polar. El choque de corrientes cálidas y frías es lo que determina el estado del tiempo.

Uno y otro sistema — que en el fondo son complementarios — están basados en el desplazamiento de los elementos meteorológicos de oeste a este, por lo general, de suerte que un fenómeno anotado al oeste de una estación, deberá pasar por ella en su marcha hacia el este, salvo las desviaciones, detenciones o desapariciones que prevé la ciencia.

En el Uruguay se han ensayado con éxito ambos sistemas desde el Observatorio de la Universidad en 1928 y más recientemente en el Observatorio Nacional [1]. Las perturbaciones están vinculadas a los cambios secundarios con núcleos depresionarios de la región circumpolar, al paso de isobaras en V, de la circulación tropical y a la marcha regular hacia el NE de los anticiclones del polo y del Pacífico que tienen su trayectoria general sobre la República.

II. Predicción a largo plazo

La predicción a largo plazo está basada en la observación física del Sol. Mirando el disco del Sol con un anteojo (a veces basta un simple vidrio ahumado) suelen verse, con mucha frecuencia, manchas oscuras. La duración de éstas es muy variable, pues en ocasiones persisten durante días solamente y en otras duran meses. Presentan una parte oscura central *(núcleo)* rodeada de otra menos intensa *(penumbra)*. Existen también manchas brillantes, de dimensiones variables, pero en general más extensas que las manchas oscuras, denominadas *fáculas*. El tamaño de las manchas propiamente dichas puede ser enorme. Es común que dentro de un «núcleo» de gran magnitud puedan caber muchas Tierras juntas.

---

1. E. S. Giuffra. — **La circulación atmosférica en la parte austral de Sud-América**, obra citada.

Frecuentemente aparecen en grupos, de manera que la superficie general ocupada por éstos puede llegar a cubrir la superficie total del Sol. Las manchas solares se forman, aumentan de tamaño y luego desaparecen rápidamente. El continuo cambio de situación de las manchas y su dirección constante, es una demostración de que el Sol gira. El tiempo que emplea la mancha en dar una vuelta completa, depende, naturalmente, de su posición en la superficie solar. Una situación cerca del Ecuador, da una vuelta en 25 días. Cuanto más lejos está de esta línea, más tiempo emplea.

Hace ya más de medio siglo que se observó, por primera vez, que las manchas solares estaban sujetas a cierta periodicidad. Más tarde se comprobó que, en efecto, crecen en número y en tamaño en un período o ciclo de once años y cuarto.

INFLUENCIA DE LAS MANCHAS SOLARES EN LA FÍSICA TERRESTRE. — Köppen y Nordmann, encontraron cierta relación muy estrecha del aumento y la disminución de la temperatura terrestre con los períodos de once años de las manchas solares. Lockyes asegura que en la India, la abundancia de lluvias tiene también una periodicidad de once años y el doctor Meldrum, atribuye igual relación con la pluviosidad de las Islas Británicas.

Pero el Sol no envía, solamente, rayos caloríficos. El gran astro es una fuente emanadora de rayos eléctricos y magnéticos de diferentes especies, de suerte tal que bien puede afirmarse que todas las perturbaciones de la física del Sol, repercuten, con una admirable precisión, en la física de nuestro planeta. Diríase que la Tierra se comporta a este respecto como un poderoso electroimán, donde repercuten todas las alternativas de los estados electro magnéticos lejanos.

Habría, pues, según lo dicho, una estrecha relación entre el estado del tiempo y la física del Sol, tanto más notable cuanto que si se acepta como una verdad demostrada la influencia de los iones en las condensaciones acuosas, habría que establecer la dependencia de las lluvias del estado electro - magnético de la atmósfera terrestre y de éste con la mayor o menor cantidad de manchas en el Sol.

Demás está decir que la aparición, marcha y desaparición de las manchas solares, tiene una enorme importancia meteorológica. La práctica ha demostrado, en efecto, que una vez que las manchas pasan por el meridiano del Sol, su influencia se deja sentir en nuestra atmósfera, 36 o 48 horas después. Calcular, las dimensiones de la mancha y su velocidad para saber cuando va a estar en el meridiano central, es pues, el problema mismo y de su exacta resolución depende que se pueda acertar en predicciones del tiempo cuyo plazo exceda las 48 horas.

Cabe agregar que si bien la influencia electromagnética del Sol en la producción de las lluvias parece comprobarse de una manera certera por lo que respecta a la cantidad total de agua caída en el mundo, no es menos cierto que hasta ahora la ciencia no ha podido determinar los lugares donde las manchas del Sol puedan ejercer esa influencia.

Recientes trabajos de Clyton parecen abrir nuevos horizontes a la predicción a largo plazo. Al parecer la influencia solar no se ejerce en igual forma sobre la presión atmosférica de las distintas latitudes. El acrecentamiento de la actividad del Sol se traduciría por una disminución de la presión en las latitudes bajas y muy altas, y en cambio se produciría una suba en las regiones intermedias. El mismo Clyton y otros investigadores juzgan que la actividad solar tiene aparte del período de once años otros períodos armónicos menores, cuya determinación han ensayado al parecer con bastante éxito.

CLIMATOLOGÍA

Estudiados los elementos meteorológicos que constituyen los fenómenos atmosféricos y vista la manera cómo se comportan en la mecánica general del envolvente aéreo, vamos a ver qué influencia ejercen ellos en las condiciones geográficas y por consecuencia en la vida humana.

Clima, al decir del alemán Hann, «*es el conjunto de los fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado medio de la atmósfera en un punto determinado de la superficie terrestre*». Es, pues, en primer término, un conjunto de fenómenos meteorológicos y no un fenómeno sólo. Cuando se dice «el Brasil tiene un clima cálido», o «el sur de Chile tiene un clima húmedo», se padece un grave error, pues el calor y la humedad, no son más que elementos de ese conjunto que dan fisonomía y característica a una determinada región del globo. El único valor que se puede conceder a cada uno de esos elementos, es su conexión con los otros estados atmosféricos de los cuales ha de obtenerse aquel «estado medio» de que habla Hann como aspecto teórico nacido del promedio de los estados particulares de cada momento. Se desprende de esto, que una gran variedad de climas puede surgir de la combinación de elementos meteorológicos y que no puede concebirse la noción de clima sin la noción del lugar donde se produce. En este sentido, pues, el clima entraña una idea netamente geográfica.

Desde el punto de vista de la Geografía Humana, puede decirse que el clima determina grandes fenómenos de la vida, no sólo en su función de la distribución, sino también en el de evolución social. Claro está que un análisis sereno de la influencia climatérica sobre el hombre, no ha de llevarnos a la exageración científica de Montesquieu en cuyo «Esprit des Lois» atribuye al clima la génesis de casi todos los fenómenos sociales y jurídicos, pero sí, a establecer dos leyes fundamentales de la Geografía Humana, a las cuales podrán oponerse, si se quiere, excepciones de detalle, pero que se cumplen en la generalidad de los casos. Esas dos leyes pueden concretarse así: 1º El hombre, ser adaptable, está sometido a la influencia del medio natural que lo rodea; 2º la obra del medio natural sobre el hombre, se ejerce por dos agentes: el suelo y el clima.

La acción del suelo sobre el hombre ha sido analizado, en parte, al estudiar el modelado superficial y la génesis de las montañas, de las mesetas y de las llanuras. El clima, como elemento humano, se ejerce, en realidad de un modo indirecto, pues debe buscarse en el tapiz vegetal las verdaderas causas de la repartición de la población y aún mismo de ciertas costumbres de la vida social. J. Bruhnes, ha dicho

que la distribución de la vida en la superficie de la tierra es principalmente una cuestión de agua, afirmación ésta que encuentra en la comparación de las cartas de la lluvia, del relieve y de los cultivos de las diferentes zonas del globo, una sugerente coincidencia.

A la vieja concepción de los climas divididos por zonas geográficas y térmicas *(cálida* o *tórrida, templada* y *fría)* opuso Köppen una nueva división basada en los tipos vegetales correspondientes a determinados conjuntos o grupos de factores atmosféricos y aun cuando esta moderna concepción hubo de abandonarla después, no es menos cierto que ella ha sugerido nuevas ideas respecto de la clasificación científica de los climas.

Teniendo en cuenta que toda clasificación basada únicamente en los factores temperatura y humedad es deficiente, el geógrafo francés Emmanuel de Martonne, ha propuesto una nueva clasificación de los climas, según veremos más adelante.

Elementos astronómicos del clima. — Cualquiera sea la clasificación que se adopte con respecto a los climas, el primer elemento que debe considerarse es la energía solar. Si la Tierra tuviera su plano ecuatorial coincidiendo con el plano de la eclíptica, los días y las noches tendrían igual duración y los rayos solares caerían durante todo el año con igual inclinación para un mismo lugar del globo. Pero ambos planos difieren 23º ½ más o menos y en virtud del movimiento aparente del Sol, éste parece permanecer seis meses sobre cada hemisferio.

En efecto: el día 22 de Septiembre la Tierra está colocada de tal manera que los rayos solares caen de lleno en el ecuador (figura 208). Su luz y su calor se reparten por igual en los dos hemisferios y alumbran a la vez los dos polos. El Sol llega a una altura de 90º y el día tiene una duración de 13 ½ h. Se dice entonces que está en el equinoccio de Primavera. Pero enseguida el Sol comienza a correrse aparentemente hacia el hemisferio sur, hasta que el 23 de Diciembre alcanza su máximo alejamiento del ecuador, es decir, la posición *B* (fig. 208) que es cuando el Sol ilumina de lleno el Polo Sur y deja en la oscuridad el Polo Norte. Está así, más cerca de nuestro polo que del polo boreal y es natural, pues, que el hemisferio austral reciba más calor que el otro. Cuando el sol ha alcanzado esta posesión, se dice que está en el *Solsticio de Verano.* Dista del ecuador 23 ½ grados y está en el zenit para un habitante del trópico de Capricornio dicho día 23 de Diciembre. A partir de ese momento, el Sol continúa la carrera, sus rayos caen cada vez más perpendicularmente sobre el ecuador y el 20 de Marzo, vuelve a estar sobre la línea ecuatorial. Se halla así, en el *equinoccio de Otoño,* circunstancia ésta en que los dos polos vuelven a estar iluminados. Prosiguiendo la revolución, el 21 de Junio está en el *Solsticio de Invierno.* El Sol, más cercano al Polo Norte calienta el hemisferio boreal y deja más frío el austral; allá es verano, aquí es invierno. En el Polo Sur reina la noche, en el Norte el día.



(Dib. del autor).

Fig. 208. — *MOVIMIENTO REAL DE LA TIERRA ALREDEDOR DEL SOL. — Las estaciones dependen principalmente de la inclinación del eje de la Tierra con relación al plano de la eclíptica.*

Resulta de todo esto que en la zona intertropical hay dos estaciones calientes que siguen al pasaje del Sol por el zenit y dos estaciones intermedias menos calientes que siguen a los solsticios.

En la *zona templada,* comprendida entre los trópicos y los círculos polares (66° 32' 29") el Sol no pasa jamás el zenit, pero su elevación sobre el horizonte al medio día crece hacia el solsticio de verano y disminuye hacia el de invierno. La variación de la temperatura diurna es menos fuerte que la ecuatorial, pero la anual es mucho más pronunciada.

Las zonas glaciales se hallan comprendidas desde los círculos polares a los polos mismos (90° N. y S.). La altura máxima que puede alcanzar el Sol sobre el horizonte es de 23 ½ grados y la duración del día varía entre 24 horas y seis meses, según la estación.

Es bueno hacer notar que en la época del solsticio y a pesar de lo que suele imaginar la gente, el polo recibe más calor solar que el ecuador. Como los días son continuos, el calor almacenado por la Tierra es mayor. Esto explica la rapidez del crecimiento de los vegetales, en esas zonas y que, en los alrededores del mar de Hudson, en el Canadá, donde el termómetro baja a más de 40° bajo cero, crezca el trigo en un período de tiempo brevísimo.

Clasificación de los climas. — Para nuestra clasificación fitogeográfica de las llanuras, adoptamos provisoriamente, con algunas modificaciones, la división de Penck, pues ella era, por estar basada en la distribución del calor y de la humedad, la que mejor convenía a dicho asunto. Pero los climas, no son únicamente determinados por el calor y la humedad sino que constituyen un término medio de todos los factores meteorológicos de la región que se considere. Emmanuel de Martonne, en su tratado de Geografía Física, propone una nueva clasifica-

ción de los climas que tiene principalmente en cuenta los factores humedad y calor, pero modificados por las influencias locales. Para ello comienza por agrupar los climas en cuatro tipos fundamentales: *cálidos, templados, fríos y disérticos,* pero de las modificaciones locales es que aparece la complejidad del sistema, que eleva los tipos a un número, sin duda excesivo. Pero, por tratarse de una clasificación netamente geográfica, vamos a proporcionar un resumen:

I. **Clima cálido.** — Temperaturas superiores a 20º. No hay estación fría. Por los factores geográficos, se divide en dos categorías: *a)* CLIMA ECUATORIAL. — Temperatura media 25º. Humedad relativa 80, sin período seco. Calor constante, tormentas frecuentes y lluvia superior a 1.500 mm. anuales. A su vez el clima cálido ecuatorial puede ser oceánico o continental según esté o no próximo a una gran cuenca de evaporación. En el *tipo oceánico* los caracteres mencionados más arriba aparecen muy acentuados: atmósfera pesada, lluvias continuadas. Es este el clima de las islas del Pacífico comprendidas entre los 10 o 15º al N. y al S. del ecuador. En el tipo de *clima cálido - ecuatorial - continental,* la humedad es menor, la temperatura en general más elevada y la lluvia no tiene tanta regularidad. Ej.: la Amazonia y cuenca del Congo.

a) CLIMA TROPICAL. — En este tipo de clima, el factor que más pugna por diferenciarlo del clima ecuatorial es la distribución de la humedad. Además debe tenerse en cuenta la influencia de los vientos alisios y el aumento de la presión a medida que se acerca al paralelo 30. El doble pasaje del Sol por el zenit en el transcurso del año, determina la distribución de la lluvia en períodos claros de sequía y de pluviosidad. Como en el caso de los climas cálidos ecuatoriales, se subdivide el clima tropical en continental y oceánico. Los contrastes en el primer grupo son muy intensos y pueden distinguirse además, lo que el autor llama clima senegalense y clima sudanés. El clima cálido - tropical - continental es el que rodea al Sahara, al Kahalarí, a Australia central, el de Matto Grosso y el de la Meseta Mejicana. El clima cálido - templado - oceánico es llamado también polinésico, por ser típico de las islas de su nombre. En general los contrastes están atenuados por la influencia del vapor de agua. Además, a estas divisiones el autor ha agregado todavía un nuevo tipo: el de los monzones.

II. **Climas templados.** — CLIMAS TEMPLADOS SIN INVIERNO INTENSO. — Circulación general de la atmósfera constantemente perturbada por el desplazamiento de vastas depresiones barométricas en lugar de un régimen regular de los alisios o de los monzones que caracterizan el clima cálido. En conjunto, movimiento general del aire hacia el este; contrastes de temperaturas; inviernos más o menos marcados; estaciones secas excepcionales. El invierno se torna más frío y más largo a medida que se aleja del ecuador. Dentro de este clima distingue tres sub-

tipos: 1º Clima Chino. — Lluvias constantes; no hay estación seca. Gran vegetación por la ausencia de la estación fría. Ej.: costas del Golfo de México, Cuencas del Paraná y Paraguay, Pampas, Uruguay. — 2º Clima Mediterráneo. — Sequía de verano. Ej.: países del Mediterráneo, los cuales se pueden dividir del punto de vista climatológico de Martonne en dos clases: Oceánico o Portugués y continental o helénico. El primero sufre la influencia del Gulf Stream que no deja prolongar la estación de la sequía. — 3º Tipo mexicano. — Las condiciones de país templado están influidas por la altura. No tiene una estación fría acentuada.

CLIMA TEMPLADO CON INVIERNO INTENSO. — Después de los 45º de latitud, los climas templados presentan inviernos muy intensos, pero cortos: de 4 a 5 meses. Presentan tres subgrupos: continentales, oceánicos y parisién. Los dos primeros acentúan o atenúan los caracteres generales por la influencia del vapor de agua mientras que el último parece una transición entre ambos (Europa occidental).

III. CLIMAS FRIOS. — Cuando la temperatura media de una región es inferior a 5 grados, se dice que el clima es frío. Hay dos clases de clima frío: el de verano, templado y el que no lo tiene.

El primer grupo puede ser oceánico y continental: en aquel caso está el que reina en las islas y costas de las regiones próximas al círculo polar bañadas por corrientes cálidas y en el segundo todo el norte del continente europeo - asiático y del Canadá.

El clima frío sin verano templado puede ser oceánico (Polo Sur) y continental (Polo Norte, Groenlandia, etc.).

IV. CLIMAS DISERTICOS. — Temperatura media anual inferior a 20º. Variaciones anuales y diurnas extremadamente acentuadas. Ausencia casi total de precipitaciones (fig. 199).

Hay climas disérticos, cálidos y fríos, los cuales, a su vez pueden ser oceánicos y continentales.

El tipo disértico - cálido - oceánico lo presentan las costas peruanas y del Sudoeste Africano. El tipo disértico - cálido - continental lo realizan el Sahara, el Kahalarí, etc.

El tipo disértico - frío - continental está en las altas montañas continentales. El disértico - frío - oceánico se halla en la Patagonia.

LA EROSIÓN MARINA

Construcciones y destrucciones del mar

Factores de las formas costeras. — Una simple excursión por la orilla de un mar de costas irregulares, sirve para establecer los principios básicos de la erosión marina. En efecto: por poco observador que sea el excursionista, pronto echa de ver que las puntas salientes y rocosas corresponden por lo general, en la tierra inmediata a lugares altos y accidentados orográficamente, en tanto que las playas y la bahía corresponden a valles o llanuras de las tierras inmediatas. Cuanto más horizontal es el valle adyacente, más adentro penetran las aguas del mar. He aquí, pues, el primer principio:

La configuración litoral está determinada por la topografía de las tierras inmediatas a las que aquélla pertenece.

Cuando se contempla, desde lo alto de una costa elevada y rocosa, se puede ver la gigantesca obra de destrucción y de acumulación que realizan el continuado chocar de las olas y el transporte de sus detritus por las corrientes. Cuanto más internada está la punta en el mar, más violenta es esa obra de desgaste hecha por las olas. Ya hemos dicho, anteriormente, que en las costas altas de mares profundos, las olas *revientan*, cerca de la pared de la costa. En las costas bajas, pertenecientes a valles que se sumergen en el mar, el agua penetra, pero las olas deferlantes depositan los materiales que llevan en suspensión, haciendo una verdadera obra constructiva. Diríase que allí el mar trabaja con mengua de su dominio.

De todo esto se puede sacar otra conclusión básica para la fisonomía de los litorales:

El mar realiza una continua obra de regularización de las costas por el desgaste de las partes salientes y el rellenamiento de las entrantes.

Las costas del Departamento de Montevideo, y en general toda la costa uruguaya del Plata y del Atlántico, constituyen un notable ejemplo de ambos principios, que por lo demás, tiene un parecido muy grande con el aspecto en arcos sucesivos del S. y SE. de España. El embate del mar destruye Punta Carreta y Punta Gorda y las olas y corrientes construyen, con los elementos arrancados de aquéllas, las Playas Ramírez, Pocitos, Malvín y Carrasco.

La costa. — La representación de las costas en los mapas se hace generalmente por una línea que traduce el reborde de las tierras que emergen del nivel cero del mar. En la realidad, la costa es algo más que una línea: es una zona más o menos amplia, donde el mar avanza y retrocede, las olas construyen o destruyen, y los materiales están en una



(Fot. de "La Terre" por Robin)

FIG. 269. — *La aguja de Etretat y la Porte d'Aval en las costas de Normandía (Francia).*

continua transformación; en pocas palabras: costa es una *zona de conflicto* entre la tierra y el mar y sus límites, más o menos amplios están señalados por la línea de las mareas y del oleaje más alta y de la de las bajantes mayores del mar.

TIPOS DE COSTAS. — CLASIFICACIÓN DE SUESS. — El gran geólogo austriaco Ed. Suess ha intentado una clasificación general de las costas basado en la dirección de los pliegues montañosos. Aún cuando esa clasificación está llena de excepciones, proporciona una idea de conjunto realmente útil a la geografía. Según ella, las costas del mundo pueden reducirse a dos tipos: Costas tipo Pacífico y Costas tipo Atlántico:

LAS COSTAS TIPO PACÍFICO. — Con excepción de un trozo de la costa de la América Central, en Guatemala, donde la cordillera arqueada de las Antillas se ha hundido, todas las partes del borde del Océano Pacífico, cuya geología se conoce, son formadas por cadenas montañosas plegadas hacia el Océano, de tal suerte que sus rizos sirven de límites

al continente mismo y le constituyen una cintura de penínsulas y de islas alineadas. [*141* t. II, pág. 334 y 335]. En virtud de esta misma disposición, el relieve submarino desciende rápidamente y así no debe extrañar que sólo a 15 kms. al oeste de Valparaiso, la sonda descienda ya a más de 3.000 metros de profundidad.

LAS COSTAS TIPO ATLÁNTICO. — Son muy distintas a las precedentes. Ellas se presentan frecuentemente recortadas, pues con excepción de la Cordillera Arqueada de las Antillas y del trozo montañoso de Gibraltar que circunscriben los dos mediterráneos, el borde externo de una cadena plegada no determina nunca el contorno del Atlántico. [*141*, t. II p. 331]. Por el contrario: el borde interno del haz de pliegues, de costas recortadas por rías, indicando hundimientos de las cadenas, fracturas de horsts y fallas tabulares, son los elementos variados que determinan el diseño de las riberas del Océano Atlántico. [*141*, id.] Estas características se traducen en el fondo submarino por un descenso lento de las pendientes.

Pero esta clasificación de Suess, por muy general, no es suficiente. La geografía ha tenido que recurrir a otra clasificación más detallada. Por esto, se suele dividir las costas en dos categorías fundamentales, atendiendo a su forma: costas altas y costas bajas.

Costas altas. — La destrucción de las costas por la fuerza erosiva del mar (olas y mareas) se manifiesta con intensidades muy diversas según sea la topografía, la constitución geológica y hasta las formas estatigráficas de las costas.

En las costas altas, las olas son detenidas bruscamente y los materiales que su fuerza transporta (piedras, arenas, caparazones de animales, etc.), obran como una verdadera metralla, capaz de realizar las más sorprendentes transformaciones. Dichas costas altas, desgastadas y trituradas por el combate del mar, forman los acantilados y las barrancas.

LOS ACANTILADOS; SUS DIFERENTES TIPOS. — Cuando el ataque del mar se hace contra una roca de naturaleza *calcárea*, entonces el acantilado toma rápidamente formas inconfundibles: a medida que la tierra parece retroceder ante la fuerza destructora de las olas, adquiere una

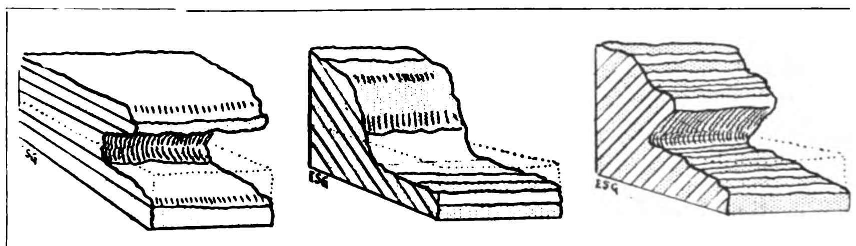


FIG. 210. FIG. 211.. FIG. 212.

más perfecta verticalidad. Ejemplos muy notables de acantilados calcáreos los ofrece la costa de Normandía, donde las distintas etapas del retroceso, han dado origen a formas realmente curiosas: *pirámides*, *agujas* y *arcadas* aisladas en el mar, como testimonio de los antiguos límites de la tierra (fig. 209) [1].

Formaciones análogas se suelen ver en las rocas *gredosas* y aún en las *graníticas*, pero estas últimas, por su mayor dureza, tienen una transformación más lenta y con frecuencia sus rocas presentan formas redondeadas.

Cuando las rocas atacadas son de esquistos, el acantilado toma diversos aspectos que dependen de la posición del estrato. Cuando las capas son horizontales las olas atacan por la base y forman huecos o grutas que al hacerse muy grandes dejan de sostener el peso de las capas superiores, las cuales concluyen por desplomarse (fig. 210). Si las capas son oblicuas en dirección al mar, la erosión es menos activa, pues las olas remontan resbalando por su pendiente. Entonces el acantilado forma un escalón (fig. 211).

Cuando las capas del terreno se dirigen oblicuamente hacia la tierra, el desgaste es más fácil, pues el estrato que forma el techo de la concavidad, tiene la tendencia a caer (fig. 212).

El barranco o *barranca* es una clase de acantilado, peculiar de las costas uruguayas y argentinas, cuyo mecanismo de destrucción y defensa no difieren de aquellos. La Gruta de la Ballena (fig. 214) en Maldonado no es sino un caso de acantilado, así como Punta Gorda, en Montevideo.

En la desembocadura del Solís Grande se destaca muy bien la forma del barranco y en algunos lugares del mismo sitio es fácil advertir la cornisa (fig. 213) que marca el nivel más alto de las aguas o a veces, el cambio de la resistencia de los materiales.

Muy notables por su altura son las Barrancas de San Gregorio, en San José, que se levantan a más de 30 metros sobre el nivel medio del Plata [*65*, p. 68] y las que se encuentran entre Colonia y Real de San Carlos de calizas recubiertas por el limo pampeano. [*158* ps. 39, 241 *y* 253].

El proceso de formación del barranco está muchas veces favorecido por los propios materiales de su constitución. Así, por ejemplo, en las rocas calizas se producen rajaduras verticales, donde se introducen las aguas pluviales y producen desmoronamientos cuyos elementos (bloques, escombros) quedan depositados al pie del acantilado.

Muchas playas y bancos son de este origen. La playa que está al pie

---

1. La erosión marina en las costas calcáreas se hace con extraordinaria rapidez. En 1905 y en 1907, se produjeron dos desprendimientos considerables en el Cabo de la Heve. En el primero cayeron al mar 400.000 metros cúbicos, pero el retroceso medio es de m. 0.18 por año. Más activo es según afirma de Martonne [**86**, pág. 82] en las costas arcillosas de Yorkshire, donde la Punta de Holderness se retira a razón de cuatro metros por año. En muchos lugares el movimiento regresivo de las costas es tan rápido, que los ríos que en ellos desembocan no tienen tiempo para hacer descender su lecho hasta el nivel del mar, y entonces sus cuencas forman especies de valles suspendidos, que proporcionan al perfil del barranco extrañas ondulaciones en el nivel más alto.

de los barrancos de Real de San Carlos (Colonia) es un ejemplo muy hermoso de esto. Acaso los Bancos del Pavón y Santa Lucía, deban parte de su formación a las llamadas Barrancas de San Gregorio. Pero acerca de esto último no existen estudios geológicos que lo demuestren. Cabe agregar, refiriéndonos a la obra de destrucción que las aguas marinas realizan al pie de los acantilados, que los mencionados elementos del desmoronamiento continental provocado por las rajaduras verticales y la acción del agua pluvial, obran, los primeros, tiempos, a modo de rompeolas, pero bien pronto, cuando su propia destrucción lo permite, actúan de agentes poderosos de socavación a merced de las olas que dan contra el acantilado.



FIG. 213. — *CORNISA DE BARRANCA. — Desembocadura del Río Solís Grande (Canelones)*

EL FIORDO. — En Noruega, en el Sur de Chile, en Groenlandia, en el Labrador, en Terranova y en Islandia, el acantilado aparece recortado por cortaduras verticales que avanzan, a modo de un corredor, a grandes distancias hacia el interior de la tierra, formando paredones que en algunos casos tienen más de mil metros de altura. Estas cortaduras a las cuales Richthofen llamó fiordos, continúan por debajo del nivel del mar, hasta profundidades realmente grandes, de suerte que el agua ha penetrado en esos corredores, formando verdaderos brazos de mar (Fig. 216). Cabe advertir que siempre, el corredor es, para su longitud, sumamente angosto. El Sogne Fiord, de Noruega, que se interna hasta 180 kilómetros en la tierra, sólo tiene una anchura media de 4.800 metros, siendo en algunas partes mucho más angosto. Las costas de fiordos son de forma muy irregular, pues estos se presentan siempre en series, acompañando las regiones marítimas montañosas [78, pág. 275] y muchos de ellos se comunican entre sí, dejando aislados trozos de territorio que forman islas.



FIG. 214. — *GRUTA DE LA BALLENA (Departamento de Maldonado). — Ejemplo de erosión marina.*

Las opiniones más autorizadas se inclinan a creer que los fiordos tienen un origen glaciar. Antiguos valles terrestres que terminaban a orillas del mar, fueron desgastados profundamente por los hielos de los ventisqueros de la época glacial, de suerte que se fué operando en ellos un retroceso de la desembocadura, traducido por la profunda cortadura actual. Esta suposición está apoyada por varios hechos evidentes: la latitud de los fiordos (dominio del casquete helado cuaternario) la forma en U del valle excavado, la presencia, en la desembocadura o frente a ella, de acumulaciones de materiales que acusan la existencia de las morainas frontales (véase el capítulo referente a los ventisqueros); el torrente que casi siempre se echa en el fondo del fiordo, testigo líquido actual de la vieja corriente helada, etc.

Los fiordos de un solo brazo son raros; con frecuencia el brazo se ramifica, acaso porque se producían convergencias de ventisqueros o porque los valles secundarios que desembocan por encima del nivel del agua, precipitaban sus aguas en cascadas o por gargantas como los valles suspendidos alpinos.

RÍAS. — La ría es un tipo de costa alta donde el mar se introduce en forma de embudo, pero que no guarda ninguna semejanza con los fiordos que acabamos de citar. Si algunos autores hablan de parecidos entre estas dos clases de formaciones costeras, debe atribuirse al abuso que, al decir de Lapparent, se ha hecho del término fiordo aplicado a todos los recortes profundos de la costa [*78*, p. 270]. La ría, tan peculiar en las costas de Galicia, está bordeada de montañas, pero en ningún caso presenta la verticalidad repentina de los fiordos, ni acusa el pasaje de los hielos por su lecho. Su génesis se ha explicado convenientemente atribuyéndolo al hundimiento de un valle, cuyo «thalweg» ha quedado por debajo del nivel del mar. En la parte más interna de una ría, hay siempre una corriente de agua que es la que ha labrado el valle. Este debe prolongarse, pues, por debajo del nivel del mar y así lo demuestran los sondajes.

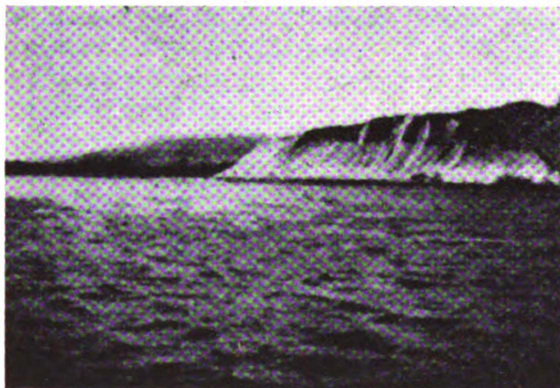
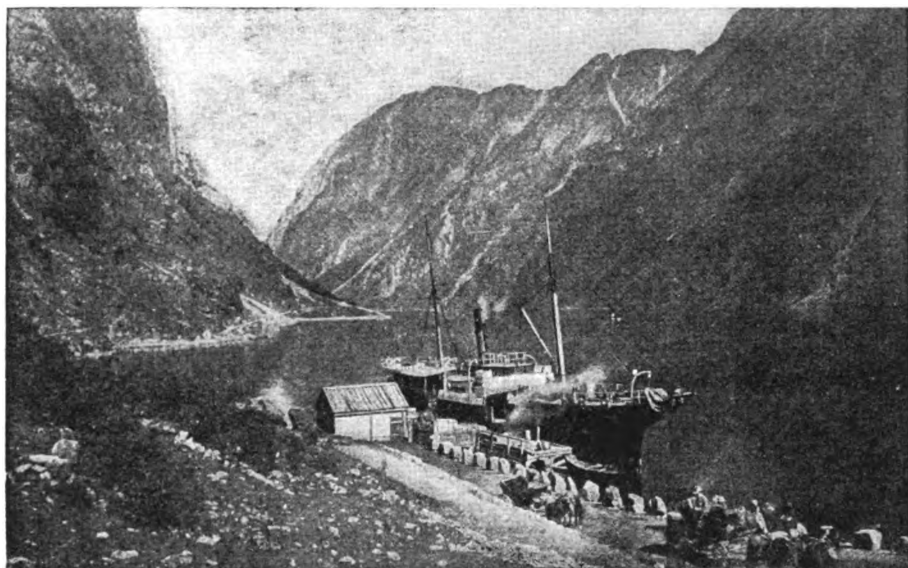


FIG. 215.—*Barrancas en la desembocadura del Solís Grande.*

En América del Sur hay una costa de rías no muy características, que se extiende desde Río de Janeiro hasta Santa Catalina.



(Fot. de "La Terre", de Robin).

Fig. 216. — *Un fiordo de las costas noruegas.*

Costas dálmatas. — Cuando una región plegada, paralela a las orillas del mar, sufre un hundimiento, el mar invade sus valles longitudinales, los cuales se convierten en estrechos y canales. Las partes más salientes de los pliegues hundidos forman islas montañosas dispuestas en hileras contra las cuales actúa fuertemente la erosión del mar. Un ejemplo de esta clase de costas nos lo ofrece la Dalmacia (Mar Adriático) y otro no menos sugestivo el Sur de Chile. En este país, el hundimiento de la cordillera de la costa ha dado origen a la Isla de Chiloe, al Archipiéago de los Chonos, a la Península de Taytao, etc., con los canales y golfos que ocupando la parte austral del Valle Longitudinal establecen la separación con los fiordos y bahías del pie andino.

Tipo Finisterre. — Cuando los valles de una región plegada son perpendiculares al mar, éste penetra fácilmente en ellos y realiza una obra de destrucción que se traduce por la formación de bahías, penínsulas e islas que dan a la configuración de la costa un aspecto muy irregular. Ejemplo: costa de la Bretaña (Francia) y de Asia Menor.

Costas bajas. — *Playas.* — El trabajo de desgaste realizado por el mar en las costas altas se traduce, en las costas bajas, por un trabajo de acumulación y de acrecentamiento. Las costas bajas son generalmente arenosas o arcillosas (playas, llanuras aluviales, etc.).

Si la costa pertenece a un país llano cuyo mar es poco hondo, el descenso de la parte firme a los lugares más profundos se realiza a modo



(Fot. E. Gallaway.)

FIG. 217. — *COSTA DALMATAS.* — *Véase la sucesión de islas dispuestas en alineaciones, a modo de un cordón.*

de un suave plano inclinado. Esta misma suavidad del declive, hace la topografía submarina sumamente inestable; las corrientes y aún mismo el oleaje, determina la formación de canales, barras o bancos, que luego ellas mismas se encargan de desplazar o de destruir. En los arenales emergidos se puede ver una zona de arena mojada que es donde ha fluctuado el nivel del mar durante las últimas horas; más hacia el interior otra de arena seca y, por lo tanto, transportable por el viento que asciende paulatinamente hasta encontrar una tercera, donde crece una vegetación pobre, pero suficiente para consolidar su avance.

El skier, peculiar de Suecia del Sur son golfos muy recortados, acompañados de una gran cantidad de pequeñas islas, fraccionamiento de una costa baja. Las costas de Finlandia y las del Estado del Maine (EE. UU.) son de esta clase. Según los geólogos se trata de los puntos terminales de la gran calota glaciar cuaternaria y de ahí que predomine los efectos de la acumulación. Las aguas montantes del mar han amontonado esos detritus dando lugar a toda clase de islas e islotes.

Barras y cordones litorales. — Cuando un río o arroyo desemboca en una porción de mar sometida a fluctuaciones de nivel, por mareas o vientos, los sedimentos que la corriente fluvial arrastra y tiende a depositar frente a su boca, son rechazados hacia adentro por la fuerza de la marea. En la zona de conflicto de las aguas continentales con las marinas *(interferencias)* se produce la depositación, la cual fluctúa en

un sentido u en otro, según el predominio de las corrientes del río y del mar. Este amontonamiento fluctuante, se llama *barra*. A veces esta se estabiliza y entonces puede formarse a su abrigo, entre ella y la costa un banco. La barra y el banco pueden salir fuera de la superficie líquida en el momento de las grandes bajantes. Entonces el viento se apodera de la arena seca y la amontona, llegando a formar *cordones, diques* o *flechas* de arena más o menos paralelas a la costa y normales a la corriente del río (costa doble del Golfo de México, costa del Languedoc, etc.).

Lagunas litorales. — Las corrientes, las olas y el viento están realizando un continuo esfuerzo para levantar el nivel de las arenas del fondo marino junto a las costas. Si, como hemos visto ellas llegan a formar diques o cordones, pueden formarse acumulaciones tras de estas porciones de agua que forman verdaderas lagunas. Algunas de las del Este de nuestro país son de este origen. K. Walther cita el ejemplo de la Laguna Garzón [*158*, p. 245] a la cual alimenta el arroyo de su nombre y cuya salida al mar impide una barra o restinga de arena que han formado las olas al romper en dirección oblicua a la costa, barra o restinga lo suficientemente baja para que el mar, en sus grandes elevaciones de nivel pueda invadir la laguna, pero también lo suficientemente alta para impedir el desagüe de la corriente.



Fig. 218. — *Una duna detenida por la vegetación (costas del Este, Uruguay)*

Si ésta no logra romper la barra, la laguna se ensancha e inunda, por consiguiente, los predios contiguos. Por esta razón los vecinos «para impedir un estancamiento demasiado fuerte de las aguas pluviales, perforan de vez en cuando la barra, que sirve también, según aquellos, para poblar el lago de peces» [*íd.* p. 245]. De modo semejante han debido formarse las lagunas de los Patos, Merin, Manguera, etc., y las lagunas litorales de Prusia Oriental *(haffs)*. El Niemen, el Vístula y el Oder, formaron primeramente su barra, luego su dique y, por último, los nuevos aportes marítimos y fluviales soldaron la flecha a la costa, quedando, por consiguiente, una parte del mar aislada. Las aguas flu-

viales en exceso, o bien la impetuosidad de las olas, pueden romper en uno o en varios lugares el dique, de suerte que el *haff*, no pierde totalmente el carácter marino de su origen.

*Península*s. — El trabajo de construcción y de destrucción del mar, determina, a su vez, en las costas, formaciones peninsulares. Las penínsulas, pueden, pues, formarse por dos causas: por destrucción y por acumulación.

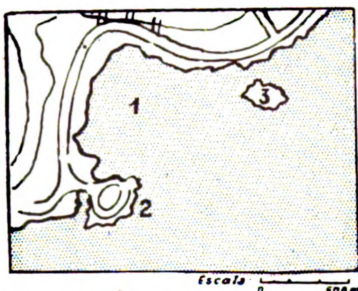


Fig. 219. — *1. Ensenada del Buceo. — 2. Punta del Buceo. — 3. Isla del Mono. (Según el plano topog. del Inst. Geog. del Ejército).*

Ejemplo de la primera clase, es la península que se ha formado en la Punta del Buceo (Depto. de Montevideo, fig. 219). El embate de las olas ha desgastado allí una vieja punta de rocas cristalinas y le ha formado un cuello o istmo. Acaso, con el transcurso del tiempo, se destaque la porción lobular y esta península se convierta en una isla. Punta Carreta es también una península que evoluciona de este modo. (Figura 220).

Ejemplo del segundo caso sería la Isla del Mono [*34*, p. 323] al Este de la Punta del Buceo. Entre dicha isla y la parte continental, se está formando un remanso o acumulación de materiales depositados por las olas. Esa acumulación saldrá al fin a la superficie y constituirá un istmo, formando una península. (Figura 219).

A veces entre la isla y la costa no se forma un sólo istmo, sino dos o más que dejan entre sí lagunas.

En Italia reciben estas formaciones el nombre de *Tomboli* (Monte Argentario).

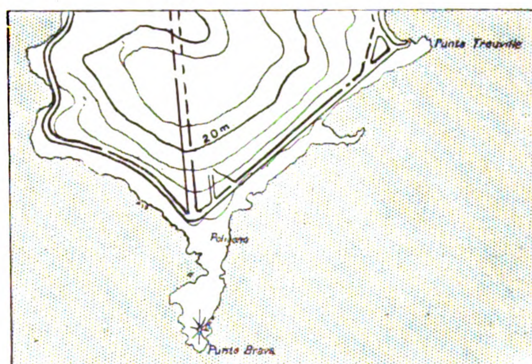


Fig. 220. — *Punta Carreta o Brava, tipo de punta en evolución hacia península. (Según el mapa top. del Inst. Geog. del Ejército).*

Dunas marítimas. — En las costas arenosas, el viento realiza un trabajo de acumulación y de transporte que se traduce por una serie de pequeñas ondulaciones sucesivas cuya disposición recuerda las olas del mar. Es el estado de equilibrio entre la arena y el aire en movimiento como las olas son el estado de equilibrio entre el aire y el agua. Estas ondulaciones de la arena *(ripplemarks)* pueden verse muy bien,

después de un día de fuerte viento en las playas de Pocitos, Malvín y Carrasco [1]. Algunos han clasificado al *ripplemarks* como dunas que se inician, acaso porque sus ondulaciones y disposiciones recuerdan las de los médanos, pero otros piensan que su proceso de formación debe ser distinto, puesto que no se han encontrado ripplemarks en tránsito a la formación de dunas [2].

Sólo cuando las ondulaciones de arena adquieren cierta importancia desde el punto de vista de su altura, se llaman *dunas* o *médanos*. Estas ondulaciones, forman verdaderas lomadas cuyas laderas tienen distintas inclinaciones. La que está mirando al mar, o la que se opone a la marcha del viento predominante, es más suave que la otra. Su inclinación, en efecto, es de 5º a 12º, mientras que la ladera opuesta presenta escarpaduras que oscilan alrededor de los 30º.

Se explica fácilmente esta diferencia de inclinaciones, sabiendo que mientras el transporte de las arenas por el viento se realiza en lugares lisos, no forma más que ondulaciones suaves, pero tan pronto como aquéllas encuentran un obstáculo se esfuerzan en rebasarlo, las más superficiales suben por la pendiente suave y al llegar a la cima se proyecta al aire y parte se desploma sobre la pendiente rápida. Así se forman verdaderas montañas que se desplazan lentamente a impulsos del viento e invaden las tierras inmediatas.

Cuando el viento es fuerte, la arena que asciende por la pendiente suave es lanzada al aire; al llegar a la cúspide, lo es con mayor fuerza, de suerte que vista desde lejos la duna da la sensación de que hay en ella humo: se dice entonces que la *duna humea* o *fuma*. Este estado particular revela el momento de mayor actividad de la duna.

Las dunas marítimas son de muy diversas dimensiones. Algunas tienen varios kilómetros de extensión y no faltan las que sobrepasan los 100 metros de altura, sobre todo en los lugares muy abiertos de las costas oceánicas sujetas a los vientos de dirección constante.

El avance de las arenas costeras hacia el interior preocupa con frecuencia la atención de los gobiernos y de los particulares, pues amenazan, a veces, terminar con zonas de cultivos o enterrar poblados. Las dunas de las Landas francesas amenazan, por ejemplo, cubrir el país comprendido entre el mar y el Gironda, una de las zonas vitícolas más importantes de Francia. En el Uruguay, los médanos de Rocha y de Maldonado han cubierto ricas zonas destinadas al pastoreo [3].

---

1. El **ripplemarks**, puede formarse también por el agua y de ahí su división **en** éolicos y acuáticos.

2. Estas clases de ondulaciones de los terrenos arenosos y arcillosos se conservan en estado fósil. "Las areniscas de Botucatu y de Río de Rasto y los sedimentos del yacimiento del esquisto de Iraty" (Continente de Gondwana) situados en el norte de nuestro país, suministran hermosos ejemplos. [Según **158**, p. 183].

3. **El avance de las arenas en el Este** de nuestro país adquiere importancia indiscutible. Como un ejemplo sugestivo, va este hecho reciente: después de fuertes temporales de invierno, una extensión de 1.000 metros de la carretera de Maldonado a Punta del Este quedó sepultada bajo una gruesa capa de arena que interrumpía el tránsito (5.600 metros cúbicos). Primeramente se pensó en detener la marcha de la

El problema consiste en fijarlas, es decir, evitar su avance. Como este avance se hace, según se ha dicho, mediante la reforma constante del perfil de la lomada por las arenas superficiales levantadas por el viento, para impedir su movimiento hay que sustraer esa capa superficial de la acción del viento, procedimiento análogo al que emplean los marinos cuando echan aceite al mar con el objeto de calmar el furor de las olas. Para evitar ese contacto directo del aire con la arena, se recurre, generalmente, a plantaciones especiales; en Europa se plantan pinos marítimos (procedimiento empleado con éxito en las Landas) y entre nosotros eucaliptus y pinos (Punta Ballena). Este procedimiento es, sin embargo costoso. Se emplean, a veces, para sustituirlos, plantaciones de plantas rastreras que arraiguen bien en la tierra. Según el señor Carbonell y Migal «se consigue también la fijación de las dunas cercando los campos e impidiendo que a ellos penetren los ganados. De esta simple manera — se han salvado de ser sepultados los restos de la Fortaleza de Santa Teresa». [*34*, p. 257].

Muchas veces, la causa de la retención de la duna desaparece y entonces la duna considerada ya *muerta* o fijada, reanuda su marcha. Así se explica que en un lugar de las costas alemanas del Báltico, se hayan podido desenterrar hasta cuatro pisos de árboles, cubiertos por las arenas.

Islas. — Las islas son extensiones de tierra rodeadas de agua, del mismo modo que los continentes. La extensión es la única diferencia entre ambos: los primeros son menos grandes que las segundas, pero hay que convenir en que esta forma de clasificación puede prestarse a vacilaciones. Australia, por ejemplo, puede ser considerada desde este punto de vista como el continente más pequeño y también como la isla más grande. En general, modernamente hay la tendencia a no concretar a una sola modalidad o aspecto las clasificaciones insulares; v. gr. Australia es un continente no sólo por su gran extensión, sino porque tiene fauna y flora características. Madagascar que tiene a su vez flora y fauna muy peculiares no alcanza una extensión suficiente para que se le pueda clasificar entre los continentes.

Clasificación de las islas por su origen

Los estudios geológicos y biológicos han permitido clasificar las islas en dos grupos característicos: islas continentales e islas oceánicas. El criterio general es éste: las islas que por su constitución geológica, su

---

arena haciendo un muro de hojarasca, pero el procedimiento no dió resultado. Después se aplicó con éxito el procedimiento del ing. Blemonther (Landas de Zaverán) consistente en formar una barrera con la arena que se acumula contra tablones que se van elevando, arena cuyo nivel se va también elevando naturalmente, hasta formar un montículo que sirve de defensa. En el caso que nos ocupa, los tablones fueron sustituídos con faginas, empleando troncos y ramas de los bosques de la localidad. Tras de ese abrigo se plantaron **tamaris** y **arundum arenaria** (Roseaux des sables) con lo que se consiguió detener la arena.

relieve, su fauna y su flora se parecen al continente vecino, deben considerarse como antiguos trozos de él; las otras, las que no tienen geológica, zoológica y fitogeográficamente parecido alguno con las masas continentales inmediatas, han debido tener una evolución independiente. Cuando en una isla se encuentran mamíferos y moluscos que son animales dotados de muy escasos medios de dispersión, y esos mamíferos y moluscos se hallan igualmente en el continente próximo, hay que suponer que la separación de ambas masas ha ocurrido en tiempos más o menos próximos.

Cuando la fauna y la flora son pobres, puede admitirse una historia geológica propia, es decir, independiente de las masas continentales.

1º ISLAS CONTINENTALES. — Las islas continentales pueden ser, a su vez, de dos clases: a) *fragmentos separados de un continente actual;* b) *restos de un continente desaparecido.* — Las primeras están próximas a las costas y pueden dividirse en cuatro categorías:

I. *Islas de erosión.* — Son aquellas destacadas de la parte continental por el desgaste de las costas provocado por el embate del mar: las Islas Anglo - Normandas, que acusan con su situación el reborde antiguo de la Península de Contantin; las Islas Británicas, en cuyas costas se puede observar un notable paralelismo de los estratos geológicos con el continente próximo, prueba irrefutable de que anteriormente formaron parte del mismo conjunto.

II. *Islas de erosión y de hundimiento.* — A veces la formación de las islas obedecen a dos o más causas. En este caso, la fuerza desgastadora de las olas se ha unido a un hundimiento de la parte continental: tal es el caso de las islas que se encuentran en la desembocadura de las rías y acaso muchas de las que se encuentran frente a los fiordos, si es que se admite el descenso de costas en esta clase de formaciones.

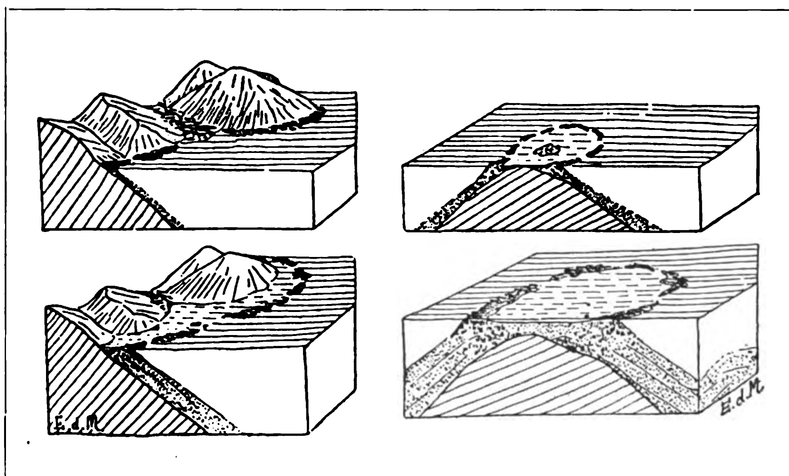
III. *Islas de hundimiento.* — Son aquellas que emergen a la superficie de las aguas como vestigios de cadenas que se han hundido: las Islas Baleares, como vestigio de la cordillera Bética; las del Archipiélago Dalmato - Ilírico, ya descriptas (Pág. 332) las de Córcega y Cerdeña, etc.

IV. *Islas residuales o testigos.* — Son los representantes de continentes que se han sumergido: Madagascar, cuya fauna y flora tanto difiere del continente africano que le está próximo; Nueva Guinea, Nueva Caledonia, Nueva Zelandia...

2º ISLAS OCEÁNICAS. — Pueden ser de dos categorías: las volcánicas y las coralinas.

I. *Las islas volcánicas* ya han sido tratadas al hablar de los volcanes submarinos.

II. *Islas coralinas o madrepóricas.* — El origen de estas islas está en unos pequeños animalitos llamados pólipos, los cuales tienen la particularidad de segregar por la piel carbonato de cal, que a su vez el animal extrae, con una sutileza admirable, de las aguas donde vive. Estas segregaciones, en contacto con el agua se endurecen y forman, unas veces pequeños tubos y otras ramificaciones de aspecto muy variado. Como los pólipos se juntan para vivir en colonias, llegan a cons-



(Dib. de E. de Martonne).

FIG. 221. — *Esquema de la formación de los arrecifes barrera (a la izquierda) y de los atolls a la derecha, en una región en descenso, según la teoría de Darwin.*

tituir enormes agrupaciones que a veces ocupan muchos kilómetros. El embate del mar tritura estas clases de construcciones y da lugar a verdaderas sedimentaciones de un gran espesor.

Pero las madréporas no pueden vivir en todos los mares: requieren ciertas condiciones físicas. Así, por ejemplo, sólo se les encuentra en las aguas que tienen temperaturas elevadas. Por esta razón, la zona de las madréporas está comprendida entre las dos isotermas de 20 grados. Cuando hay una corriente fría que altera la temperatura general de las aguas, las construcciones coralíferas no existen. De igual modo los pólipos necesitan luz y aire para desarrollarse. Cuando Darwin hizo los primeros estudios para edificar la teoría de que hablaremos después, creía que aquellos sólo podían vivir hasta los treinta metros de profundida, porque más abajo no existía ni la luz ni la renovación de aire indispensables para el organismo de aquellos; pero más modernamente se han descubierto especies de corales que viven hasta 80 metros y al-

gas nulíporas hasta los 100. De cualquier modo, es evidente que estos animalitos necesitan mucha luz y aire. De ahí que requieran mares agitados (para la renovación del aire). También la salsedumbre debe ser normal y las aguas han de tener mucha limpidez para albergar corales. Por esta misma razón no se encuentran formaciones de esta clase en la desembocadura de los ríos, pues éstos no solamente arrastran grandes cantidades de légamo que las enturbia, sino que modifican la proporción de la sal.

El trabajo de los pólipos es extraordinariamente lento. Los más activos para levantar una formación a 38 metros, necesitan, término medio, más de 100 años.

Las islas de coral se presentan en tres formas distintas: el arrecife, la barrera y el atoll.

Darwin ha dado una explicación del modo de formarse estos tres tipos, y aun cuando ha sido objeto su teoría de muchos reparos, en conjunto ha podido sobrevivir a todas las otras que han tratado de sustituirla.

Cuando los corales se fijan directamente a la costa rocosa, a modo de una franja, reciben el nombre de *arrecifes*. (Fig. 221).

Cuando la costa junto a la cual se produce la fijación de las colonias de pólipos, sufre un movimiento lento de descenso, los corales, en su deseo constante de buscar la luz y el aire, se esfuerzan en alcanzar la superficie, de suerte que queda entre la línea de los arrecifes que forman y la costa, un espacio invadido por el mar (lagunas). En este caso la construcción recibe el nombre de *barrera*. Hay barreras muy alejadas de la costa, como ocurre en la Gran Barrera Australiana, que se caracteriza, además, por su gran extensión (2.400 k.).

Por último, si la construcción de un arrecife tiene lugar alrededor de un escollo aislado y ese escollo está sometido a un movimiento descendente, aquel esfuerzo de los corales en demanda de luz y de aire, levanta un verdadero muro circular. (Fig. 221).

Cuando el escollo ha descendido completamente por debajo del nivel del mar, queda un anillo que luego emerge a su superficie, dejando en el centro una parte de agua o laguna circular.

Se ha formado así un atoll, bastante común en las construcciones coralinas del Pacífico. Esta forma circular de los atolls, desvió por muchos años las investigaciones de los sabios, en virtud de que al principio se les creía cráteres de antiguos volcanes.

En los últimos años los trabajos se han proseguido con gran seriedad científica, pues fué necesario probar que en las formaciones coralinas eran necesarios los movimientos de ascenso y descenso de las costas. Esas investigaciones han demostrado, en efecto, que tales movimientos ocurren no sólo en la actualidad sino también que ocurrieron en otras eras geológicas, como lo evidencia el hallazgo de atolls fósiles.

«Algunas islas del Pacífico, especialmente Tahití, están cubiertas de montañas, que no son sino bancos enteros de corales elevados fuera de

las aguas por algunas contracción de la corteza terrestre, probablemente en la era terciaria. Tales montañas tienen 400 metros de altura». [*74*, p. 88].

Las islas y el hombre. — A la «isla del desierto» designación con la cual la geografía estudia el oasis como medio de agrupación humana, hay que agregar ahora el concepto de *isla del mar* con que J. Bruhnes [*Geog. Hum.* II p. 730] distingue una manera especial de agruparse los hombres, fuertemente influidos por la naturaleza aislada que les sirve de escenario. «Se debe considerar — dice — que en virtud de la nitidez de la delimitación marina, las islas han hecho nacer las primeras y verdaderas monografías que llevan el nombre de geografías regionales», porque siendo «pequeños mundos» constituyen «unidades separadas y por lo mismo más simples» [*id*, I. pág. 67] donde se hace más fácil la observación. Las condiciones del medio insular son por ello para Wallace, de una acción definida sobre la vida biológica de las especies animales aisladas de su tronco «privadas de relaciones regulares y frecuentes con los continentes o tierras de las cuales el mar las separa« [*52*, p. 272]. Las consecuencias infinitamente variadas de este aislamiento nos la revelan muchas formas: la pérdida de la facultad de volar en gran número de insectos o de aves de la isla [1] que, por lo demás, se atribuye por Lamark a la acción directa del viento que soplando con violencia y frecuentemente, lleva poco a poco a los seres alados a renunciar al uso de sus alas o por Darwin, a la selección que no habría dejado subsistir más que a los malos «voladores», porque los otros, por su imprudencia, habrían sido arrastrados por el viento al mar [*52*, pág. 272 - 3]. De ahí que parezca, al decir del mismo L. Febvre «un juego sencillo pasar de los animales al hombre» [*id.* p. 273]. Según el concepto de los primeros geógrafos que analizaron la influencia del medio sobre los habitantes, nada, en efecto, más persuasivo que imaginar los caracteres especiales de la fauna y de la flora, de variedad forzosamente limitada por el medio aislado, ejerciendo una influencia decisiva sobre la vida social. Aislamiento por el mar que lo circunscribe, flora y fauna más o menos típicas, medio que se esfuerza en bastarse a sí mismo, habrían creado al hombre confinado en la isla rasgos propios. El ejemplo de las Islas Británicas, forzando al hombre, con su marco marino y lo precario de sus recursos terrestres, a la vida del mar y del comercio; el del Japón, potencia también marítima y comercial por causas análogas; los mapas de densidades de población, que nos revelan el agolpamiento humano en los lugares de fácil acceso o de refugio litoral, hablan, a este respecto, con una elocuencia que no destruye, sin duda, las excepciones numerosas que puedan oponerles algunos críticos.

Camilo Valloux hace notar [*147*, p. 109] que del punto de vista geográfico es muy raro que una isla o un grupo de islas, forme una unidad

1. Costatin "Biologie de la vegetación tropicale". Ann. de Géog. VII, 1898, citado por L. Febvre, op. cit.

física enteramente independiente. En páginas anteriores hemos visto cómo gran número de ellos son trozos destacados de continentes, vestigios de continentes desaparecidos o grupos de islas volcánicas y coralinas en las cuales puede señalarse una tendencia a la formación de grupos de características físicas semejantes. Pero a esta unidad de formas y de sitios no corresponde idéntica unidad humana y social: islas muy próximas a un continente (Madagascar, p. ej.), acusan una gran diferencia de razas humanas y de costumbres sociales; otras parecen, además, ser el lugar de cita de diferentes pueblos para mezclarse. En una palabra: el aislamiento total puede moldear de modo propio, los caracteres de la raza que allí vive; pero la insularidad no acusa siempre diferencias notables con otros pueblos, ni es siempre signo de aislamiento, de igual modo que el factor marino tiende a obrar de distinto modo en dos pueblos igualmente aislados, pero en cuyas actividades y costumbres tienen una influencia decisiva la historia, los recursos económicos y el medio físico creado por la naturaleza del suelo y del clima.

LA EROSIÓN Y EL TRANSPORTE EÓLICOS

Debemos distinguir, además de la erosión marina, otras tres clases: la eólica, la fluvial y la glacial. Cada una de ellas va a ser objeto de un capítulo en este libro.

La erosión eólica, como lo dice claramente su nombre, es producida por el viento. Este ejerce su acción por dos modos bien discernibles, por más de que en gran número de casos actúen juntos: mecánica y químicamente.

La acción mecánica del viento depende de su fuerza o velocidad, la cual, a su vez, está supeditada a los obstáculos con que tropieza, al roce con el suelo, a la presencia o ausencia de vegetación, etc. Se comprende, pues, que la velocidad y fuerza deben aumentar con la altura y que las cumbres montañosas estén por esto más expuestas a la acción mecánica del aire que las partes bajas del suelo. Cuando el país se halla desprovisto de vegetación, el viento ejerce, como en el mar, una gran obra de transformación superficial, pero basta la presencia de un manto de pasto para que su acción quede anulada casi por completo; sólo se le puede observar donde el tránsito y las corrientes de agua han desnudado la superficie. Además, si la vegetación se opone a la erosión eólica, es natural que ésta sea tanto más intensa, cuando más seco se presente el clima: en los desiertos, la erosión eólica ofrece su más importante magnitud.

La erosión química del aire proviene de la combinación de sus elementos constitutivos con los que integran las rocas, especialmente el oxígeno y el ácido carbónico. El primero provoca una gran cantidad de reacciones en las rocas más o menos combustibles, los esquistos carbonosos; las rocas que contienen hierro son profundamente alteradas y muchas otras disgregadas, disueltas y descompuestas. El ácido carbónico a su vez, gracias a la humedad que lo acompaña, actúa a la larga, a pesar de la escasa proporción en que se encuentra, sobre los feldespatos, los piroxenos, los anfiboles, las micas, etc.

LA CORROSIÓN. — Richthofen distingue dos clases de erosión eólica: la corrosión y la deflación.

La corrosión es el efecto mecánico producido por el viento al transportar, con más o menos violencia, los productos de la disgregación de las rocas. En los desiertos, sobre todo, este material rocoso, o sea el polvo y la arena, no está adherido al suelo por falta de humedad y es levantado por las corrientes de aire y transportado a grandes distan-

cias. El grano de esta arena, que suele tener más de un milímetro y medio de diámetro, ataca duramente la cara, las piernas y las manos de los viajeros que atraviesan el desierto. Los tuarengs del Sahara, usan para contrarrestar sus efectos, un tul con el cual se cubren el rostro. Estos elementos de la disgregación rocosa son, pues, verdaderos proyectiles que chocan violentamente contra las piedras y producen en ellas los efectos de golpes de punzón o de rozadura de lima. El pecho de la Esfinge de Egipto presenta un notable ejemplo de esta clase de fenómenos. (Fig. 222).

Por lo general, la presencia de un obstáculo hace que el viento se arremoline tras de él, produciendo verdaderos trabajos de socavación circular.

El transporte del material por el viento está en relación con el diámetro del grano: los más pequeños son llevados lejos de la roca disgregada; los más pesados quedan cerca de ella y sólo se levantan a poca altura del suelo. La erosión se realiza así más intensamente en la parte baja que en la alta, hasta formar verdaderas cinturas o cuellos en las rocas que por ser más resistentes han quedado aisladas. A esto se debe, en los desiertos, la presencia de los llamados hongos o señoritas y aún mismo, no son ajenas por entero a esta clase de modelado, las llamadas piedras movedizas. La del Tandil en la República Argentina fué particularmente famosa, aun cuando deba reconocerse que la erosión fluvial ha jugado en ella un papel preponderante. Algo análogo podríamos decir de la notable piedra existente en Guazunambí (Cerro Largo).

LA DEFLACIÓN es la acción del viento actuando sobre rocas en las cuales se ha producido una transformación química que ha dejado los materiales flojos o fácilmente disgregables. La corriente de aire se apodera de esos materiales y arrastra a los más livianos, dando lugar a la producción de agujeros o alvéolos muy característicos.

Muchas veces los remolinos de arena atacan las cavidades formadas por la deflación, dando lugar a un ensanchamiento del alvéolo, a la manera de las marmitas fluviales. A este fenómeno se denomina *marmitas eólicas*.

Otro fenómeno muy curioso se produce por la acción de las arenas movibles en los desiertos: si las superficies horizontales están formadas por rocas arcillosas, la arena las labra con diferente intensidad. De ahí que se formen surcos muy irregulares en el sentido de los vientos dominantes, a los cuales se ha dado el nombre de *yardangs* y de *lapiés*.

Transporte y sedimentación eólicos. — La forma más sencilla de transporte eólico se obtiene en las llamadas tormentas de tierra. Casi no hay lugar en el mundo donde no se produzcan transportes de esta clase. Nuestro pampero sucio es un ejemplo de esta clase de fenómenos. En el Sahara, en el Desierto de Gobi y en muchos otros lugares, adquieren una extraordinaria intensidad, hasta el punto de que algunas tormentas han llegado a transportar 15 a 20 mil toneladas. Los viajeros



(Fot. Bonfils).

FIG. 222. — *ESFINGE DE EGIPTO.* — *Efectos de la corrosión.*

relatan con frecuencia sus esfuerzos para evitar de ser enterrados vivos durante las tormentas de arena. Algunas de éstas suelen tomar la forma de trombas, de suerte que cuando han perdido su fuerza, dejan en el suelo especies de montículos cónicos de dos y tres metros de altura.

Pero no son sólo arenas disérticas lo que transportan los vientos; muchas veces las llamadas cenizas volcánicas son llevadas a gran distancia. Las del Cosegüina, por ejemplo, en su erupción de 1835, cayeron en Jamaica, a 900 kms. del lugar donde se encuentra el cráter que las expulsó. Las del Krakatoa, en 1883, se vieron suspendidas por las corrientes aéreas a gran altura y produjeron los crepúsculos rojos visibles en todo el mundo. En nuestro país mismo, no han dejado de encontrarse bancos de cenizas volcánicas provenientes, sin duda, de erupciones andinas.

Los desiertos. — La observación de un mapa en el cual se haya fijado la trayectoria de las grandes corrientes aéreas, permite darse una idea de las causas que provocan la existencia de las zonas desiertas en la superficie de la Tierra. En páginas anteriores, al hablar de la circulación general de la atmósfera, habíamos establecido la relación existente entre los grandes circuitos marinos y los aéreos que Maurice de Tastes, con una penetración admirable, había señalado cuarenta años antes de que el conocimiento de la atmósfera hubiera llegado a la comprobación de la verdad señalada por el modesto profesor del Liceo de Tours. Sobre el Gulf Stream marino hay, por ejemplo, un Gulf Stream aéreo que transporta, según lo dicho anteriormente, masas de aire impregnadas de humedad sobre la parte occidental del continente europeo; pero a medida que los vientos del circuito se van internando hacia el continente asiático, van perdiendo humedad, de suerte que se vuelven completamente secos al pasar por el Turkestan, donde retornan en dirección al Océano Atlántico. En toda su trayectoria la falta de humedad determina la ausencia de vegetales y la aridez del suelo provoca a su vez la existencia de los más grandes desiertos del globo. Muchas veces se ha dicho que la ausencia de lluvias es lo que determina el desierto. La humedad es el más grande atenuante de los rigores del clima y donde ella falta, las temperaturas se hacen extremas (climas continentales). Esta ausencia de humedad en las corrientes de retorno de las masas aéreas, origina grandes contrastes térmicos. Por la tarde el desierto registra, con bastante frecuencia, temperaturas superiores a 50º y por la noche estas descienden hasta 2, 4 y hasta 10º bajo cero. Se comprende, pues, que las rocas que están desprovistas de humedad, sufran todas las consecuencias de estos contrastes. Sometidas a dilataciones y contracciones continuas, concluyen por resquebrajarse. Las grandes masas rocosas que constituyen las montañas, ven fraccionar así trozos de sus laderas, los cuales presentan, como la montaña misma, lados expuestos al sol y lados expuestos a la sombra, por lo que se acentúan más los contrastes provenientes de las diferencias diurnas y nocturnas. Esos grandes bloques caen por la pendiente, y las sucesivas resquebrajaciones que van experimentando, hacen que al llegar a la falda se hayan convertido ya en guijarros de aristas afiladas y de tamaños diversos. La fuerza enorme de los vientos del desierto remueve y tritura estos guijarros los cuales se extienden por superficies considera-

bles. Se ha formado así un desierto pedregoso del tipo que en el Sahara se llama *hamada*. (Fig. 95). El hamada que es el desierto no enteramente evolucionado y se le encuentra por lo general más cerca de la montaña que el desierto de arena, se designa en el Sahara con el nombre de *erg* y en Asia con el de *kum*. (Fig. 96). La arena que constituye el *erg* proviene de la remoción del hamada hecha por los vientos impetuosos, algunos de los cuales tienen fuerza suficiente para levantar del suelo guijarros de 400 gramos. El choque de un guijarro con otro, determina el desgaste de las aristas, lo cual da origen a dos tipos de elementos: la arena, que el viento transporta a grandes distancias y el canto rodado cuyo aspecto tanto se parece al de las piedras redondeadas que aparecen en las playas por efecto del removido que en las piedras originan las olas. La parte más desolada del desierto es el hamada, pues los arenales que frecuentemente se presentan como ejemplo de aridez, suelen tener plantas espinosas en las cumbres de sus montículos.

Las dunas; sus características y movimientos. — En las grandes extensiones arenosas, libres de obstáculos para el viento, se forman especies de colinas de arena que se denominan dunas o médanos. Como las grandes extensiones arenosas se encuentran en los desiertos y en las playas marítimas, es allí donde debe buscarse esta clase de fenómenos.

Hay dos clases de dunas, según su origen y ubicación: la *duna marítima* y la *duna disértica*.

Las dunas marítimas tienen su origen en el embate que las aguas del mar realizan contra las costas. El asalto continuo de las olas contra piedras y acantilados, efectúa un trabajo de trituración análogo al que hacen los contrastes de temperatura en las rocas de los desiertos. Allí, los movimientos de ascenso y descenso del mar, cubren y descubren franjas de arena que permanecen en su lugar de sedimentación mientras se encuentran mojadas, pero que se desplazan a largas distancias hacia el interior de la tierra tan pronto como las brisas secan las capas superficiales. Si este transporte se realiza sobre una superficie completamente lisa, la formación será un simple arenal sin irregularidades apreciables, pero si existe el menor obstáculo [1], como ser plantas o piedras, se efectuará una acumulación mayor contra dicho obstáculo, enfrentada a la dirección del viento, lo que será el germen de la futura duna.

Las *dunas disérticas*, tienen otro origen. Son el producto de la trituración, limaje y descomposición de las rocas montañosas.

Los grandes espacios que abarcan los desiertos arenosos sólo pueden explicarse sabiendo que las montañas centrales del Sahara, por ejemplo

1. No todos los autores están de acuerdo en que sea imprescindible la existencia del obstáculo para la formación de la duna, pues los hay que afirman que sólo se deben a un estado de equilibrio elemental entre el aire y la arena, del mismo modo que las olas no son sino el producto de un estado de equilibrio entre el aire y el agua.

(Tibesti, Hoggar, Tasilí), han experimentado tal desgaste a través de los siglos, que han pasado desde la altura de los Alpes, que debieron tener en sus comienzos, a la de modestas elevaciones que tienen ahora. Dichas grandes extensiones, que guardan volúmenes gigantescos de arena, facilitan la formación de dunas mucho mayores que las del mar. Son, en efecto, frecuentes las que tienen 150 y 200 metros, sin que hayan faltado las de 400 según afirman varios autores.

En las dunas disérticas se observan, en grandes dimensiones las formas que en el Transcaspio se llama *Barkana* o *Barkhan* y que, por lo demás es común a todas las formaciones dunares. Estas tienen el aspecto de una media luna o lo que es lo mismo, presentan siempre sus cuernos o extremos más adelantados que el centro. Esto se explica en virtud de que las partículas de arena que tienen que remontar la pendiente por la parte central que es la más alta, han de recorrer un trayecto mayor que las que han de efectuarlo por los extremos que son las partes más bajas. El menor trayecto, pues, les permite avanzar más rápidamente. (Véase la fig 96).

El loess. — El término *loess* es alemán y se aplica a un limo arenoso de grano fino, de color generalmente amarillo o parduzco. Apretado entre los dedos se deshace como harina y echado en el agua se disuelve. Abarca grandes extensiones del globo, pero no existe ni en la zona intertropical ni en la fría, lo cual hace suponer que en su formación tenga una intervención importante el factor clima. Según Martonne es un depósito cuya zona de formación marca el fin del transporte eólico y el comienzo de la región donde reina la erosión pluvial. En una palabra: es el término de las acciones eólicas. [*86*, 4ª ed. II p. 965]. Pero esta opinión no está, según veremos después, de acuerdo con otras teorías.

El loess forma enormes llanuras cuya fertilidad le ha hecho célebre, sobre todo en Asia. En Estados Unidos constituye la mejor zona para los cultivos y en Sud - América, la Pampa parece constituir un ejemplar de esta clase de terrenos. Está cubierta de hermosos pastos, pero carece casi por completo de árboles, porque debido a su gran permeabilidad, el agua pasa a grandes profundidades. Así, en algunas partes, el agua fluvial ha esculpido lechos muy hondos, verdaderas cortaduras, o aislado paquetes de tierra que forma mesetas, como en el Colorado.

Decimos que la Pampa parece constituir un ejemplar de loess, porque no todos los geólogos tienen la certeza de que el limo pampeano sea realmente un loess.

Por lo demás, los estudios hechos en el Uruguay son, a este respecto, muy escasos. Lo mismo pudiera decirse de los realizados en las regiones vecinas, en Río Grande del Sur, Entre Ríos y Corrientes. Sólo se sabe que su espesor va disminuyendo desde el Plata hasta el N. del Río Negro.

En cuanto al origen del loess nada definitivo puede decirse hasta

ahora. Una de las más grandes autoridades en esta clase de estudios, K. Keilhack [1], habla «del enigma del loess».

Al principio se creyó que era debido a depósitos fluviales acumulados en los grandes desbordamientos, pero el hecho de encontrarse loess a grandes alturas, hizo desechar esa idea. Igual suerte corrió la hipótesis de depósitos marinos, pues hay loess en lugares donde nunca existió el mar.

Hubo también quien pensara en la acción de los retrocesos glaciares del cuaternario, para explicar el origen de estos terrenos, pero casi todas las opiniones convergen hoy hacia el origen eólico, influído, más tarde por las aguas pluviales, pues aún el hecho de encontrarse el loess junto a los desiertos arenosos y a los hielos cuaternarios parece demostrar el origen del régimen disértico necesario a esa explicación.

---

1. Citado por K. Walther. No conocemos el trabajo de este autor, escrito en lengua alemana.

EROSIÓN FLUVIAL

EVOLUCION DEL RELIEVE Y DE LA RED FLUVIAL

Agua de lluvia *(aguas salvajes)*. — El agua de lluvia al caer sobre la tierra, toma tres caminos: una parte se evapora y retorna a la atmósfera de donde procedía; otra se infiltra en el suelo y una tercera corre, irregularmente, siguiendo la pendiente superficial. La primera porción es estudiada por la meteorología; las dos últimas, que guardan una estricta relación con la evolución del relieve y de la red fluvial, han de ser objeto de un examen muy rápido en este y en el siguiente capítulo.

El programa de nuestra Universidad llama aguas salvajes a aquellas que corren sin encauzarse por la superficie, haciendo, sin duda, una traducción literal de *aux sauvages* con que suelen distinguirlas los geógrafos y geólogos franceses. Nosotros preferimos llamarle agua de lluvia.

El agua de lluvia, al caer y correr por las partes superficiales del suelo, esculpe las tierras con una intensidad que, aunque a primera vista parezca muy delicada, se traduce, a la larga, por hechos importantes que la Geografía Física no puede desdeñar. Es evidente que la intensidad de la obra de transformación que le está reservada, depende, en primer término, de la dureza del suelo sobre el cual se produce. Si éste es blando, basta el golpe de la gota al dar contra la superficie para producir una remoción de los materiales más flojos, de lo que resulta un transporte de agua barrosa siguiendo las menores desigualdades del suelo en dirección de la pendiente. De esto resulta también, que superficies planas antes de la lluvia pueden ser rápidamente accidentadas por el trabajo del agua pluvial. Surgen de este modo, en la superficie, pequeñas canaletas o surcos por donde se desliza el agua corriente. Si después de una lluvia, ese surco es obstruído por el más insignificante obstáculo, la caída de una hoja o la presencia de un guijarro, el agua de otra lluvia será desviada del curso primitivo y así, en una sucesión de lluvias, puede esculpirse un cauce bien definido y profundo, causa elemental de lo que en nuestro país recibe los nombres de *zanjas* y *barrancos*.

No se necesita un caudal grande de ciencia para comprender que el agua de lluvia que se desliza por la pendiente ha de efectuar su trabajo erosivo según sea el caudal de agua acumulada por la lluvia, la pendiente más o menos rápida y la dureza del suelo que ya mencionamos. El limo pampeano de nuestro país y los estratos de Estrada Nova del norte, cuando están desprovistos de vegetación, ofrecen una rapidez sor-

prendente de desgaste y de ahí la frecuente formación de zanjas. En cambio, el tapiz vegetal, constituye una defensa admirable de esta clase de suelo y es necesario que las lluvias tengan una intensidad muy grande para que dejen impresos sus cursos. En el reborde de los desmontes artificiales para la apertura de calles o caminos, puede apreciarse muy bien la rapidez de esta obra de erosión fluvial; pero no debe olvidarse que aún cuando sea muy lenta esta obra de desgaste, es siempre un agente de transformaciones importantes del aspecto superficial. Las vertientes de las corrientes de agua, están siempre modificándose por esta causa, pues los hilos de agua elementales que afluyen al torrente o al arroyo, van haciendo retroceder paulatinamente la vertiente, suavizando por consiguiente el plano inclinado por el cual se deslizan. «Las arenas graníticas, formadas de granos arenosos y de arcilla, se prestan particularmente para esta clase de movimientos» [*86*, 4ª ed. p. 561] y acaso no sea erróneo atribuir la forma redondeada de muchas de nuestras cuchillas y del divortium acquarum que separa muchos arroyos, a un proceso parecido. Recuérdese, a este respecto, que gran parte de las cuchillas que figuran en los mapas en uso no son tales. Este hecho aparece perfectamente claro en las hojas del mapa topográfico que del Departamento de Canelones ha publicado ya el Instituto Geográfico del Ejército.

Los productos del desgaste y de la descomposición renovados continuamente, descienden de continuo, pero de un modo muy lento, hasta el pie de la vertiente, donde son llevados por el río o arroyo. La coloración parduzca de nuestras corrientes de agua, tiene en este hcho una explicación aceptable.

Cuando los terrenos son muy blandos y en ellos se encuentran piedras dispersas, el agua al infiltrarse, realiza un verdadero desgaste vertical, menos en el lugar donde aquellas se encuentran. Dichas piedras obran, pues, a la manera de paraguas. De esto resulta la formación de columnas y pedestales que sostienen en lo alto una o más piedras, según se puede ver en la fig. 223.

Por lo regular estas columnas sólo alcanzan algunos centímetros de altura, pero no faltan casos en que hayan logrado más de 30 metros. El vulgo conoce esta clase de formaciones por *hongos, chimeneas de la tierra* y *señoritas*.

La infiltración de las aguas en las capas superficiales puede dar origen a otros fenómenos aún más notables para la estructura geográfica, como ser los llamados deslizamientos de tierra, a los cuales no son ajenas algunas regiones del Uruguay. Suele suceder que una capa de naturaleza permeable se apoya sobre otra impermeable dispuesta en plano inclinado. El agua infiltrada por la primera capa, al detenerse en la segunda, disuelve los materiales blandos, constituyendo una especie de lubrificante, con ayuda del cual la parte superior se desliza en dirección de la pendiente. «En 1895, en el Cerro del Tigre, en Maldonado, ocurrió un deslizamiento de esta clase. Una faja de más de 100 m. de ancho se desprendió de la falda del Cerro, con las piedras y árboles que contenía



(Fot. de Robin, "La Terre").

FIG. 223. — *Pirámides de tierra de Ritten, en el Tirol Austriaco.*

y fué a obstruir el curso del arroyo Pan de Azúcar que corre inmediato» [*34*, p. 275].

En Suiza, estos deslizamientos adquieren proporciones de verdaderas catástrofes.

A un fenómeno de erosión pluvial pudiera atribuirse la curiosa disposición de un bloque de Guazunambí (Cerro Largo). El agua se ha llevado las partes blandas en que estaba asentado, depositándolo sobre la roca dura. La erosión eólica ha completado más tarde o al mismo tiempo el redondeo del bloque y del suelo, cuya disposición por otra parte, común en diversos lugares del globo, recuerda la piedra movediza del Tandil (Prov. de B. Aires), la evolución de la cual ha terminado con el resbalamiento del bloque por la ladera de la roca que la sustentaba.



(Fot. Boyer).

FIG. 224. — *Cubeta de recepción del torrente de Comboe (Aosta).*

Conviene, sin embargo, hacer notar que esta disposición no parece enteramente ajena a la segregación en forma de bolsa o *compayrés,* de que hablamos en la pág. 71.

Los torrentes. — Los filetes de agua de lluvia concluyen por juntarse en la parte más baja de su pendiente y forman hilos mayores, que, a su vez, dan lugar a arroyuelos o cañadas que se secan tan pronto como cesan las lluvias, pero que adquieren un caudal notable mientras duran aquéllas. Esta particularidad de las corrientes elementales generadas por la lluvia en los terrenos de fuerte declive, adquiere, entre nosotros particular importancia, pues es común que hilos de agua insignificantes o simples cauces que permanecen secos siempre, crezcan de tal modo a las primeras lluvias que impiden su paso aún a caballo; pero basta el transcurso de pocas horas para que se les pueda vadear aún a pie *(arroyos torrenciales).*

Todos los hilos de agua elementales, convergen, según se ha dicho, a la parte más baja. En los países de fuertes pendientes, se forman así verdaderas hoyas, o *cubetas de recepción,* como dicen los geógrafos, donde todas van a engrosar un canal único, cuya misión es desagotar el agua acumulada en ella. Ese caudal adquiere, de esta suerte, una gran fuerza erosiva y se abre paso por el punto más bajo de la cubeta. Se le ve así, desgastar, derrumbar, con la impetuosidad de sus aguas, las propias laderas y arrastrar, con fuerza tanto más viva cuanto mayor es la pendiente del plano inclinado por donde se precipita al valle inmediato, todos los materiales procedentes del desgaste de la cubeta. A esta parte de la corriente, se le da el nombre de *canal* de transporte o de salida. Por último, cuando el agua ha alcanzado el nivel del valle,

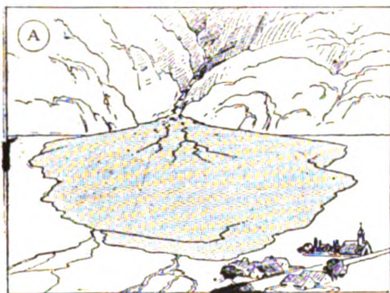
o está al pie de la vertiente, se tranquiliza y deposita todo el material arrancado a las partes altas. Este material, acumulado en forma de medio cono, ha recibido el nombre de *cono de deyección* (figs. 225 y 226). Estas tres partes del curso de agua de pendiente violenta forma un torrente.

Un hermoso ejemplo de torrente, lo forma el Ródano, desde sus nacientes en el San Gotardo hasta su desagüe en el Lago de Ginebra (fig. 227). Su cono de deyección, fuertemente alimentado por los detritus arrastrados por las aguas y ventisqueros que descienden de las montañas, está operando un rápido rellenamiento del fondo del lago. En la fotografía de la figura 227 se puede advertir cómo un cono de deyección ha salido ya a la superficie del lago que lo recibía (Silvaplana, Alpes Suizos). Si el torrente continúa arrojándole sus detritus, el lago concluirá por sedimentarse, dejando únicamente en el centro un filete de agua.

El torrente y el hombre. — Dos hechos esenciales cabe señalar aquí para los lineamientos básicos de la Geografía Humana: 1º los conos de deyección de los torrentes son, por lo general, centros de atracción del hombre en las regiones montañosas. La tierra, removida y regada por el torrente, es un lugar de fácil cultivo. J. Bruhnes ha señalado la influencia de los conos de deyección en los Alpes franceses y en los cañones de los Andes Centrales. [*27*, 3ª ed. III p. 619 y sig.].

2º «El agua, obedeciendo a la pesantez y resbalando por la pendiente hacia el mar es una fuerza y puede convertirse en una fuente de energía» (fuerza motriz, la *hulla blanca*) [*27*, 3ª ed. t. I. p. 76].

Los ríos. — Desde un punto de vista puramente genésico, los ríos no son sino torrentes alargados. Las tres partes constitutivas del torrente, se encuentran también en el río: a la cubeta de recepción corresponde el *curso superior;* al canal de descarga, el *curso medio* y al cono de deyección, el *curso inferior,* cuyo mecanismo acumulador se puede distinguir muy bien en los ríos que desembocan en forma de delta.



(Dib. de Faideau y Robin).

FIG. 225. — *Canal de salida y cono de deyección de un torrente, vistos de frente.*

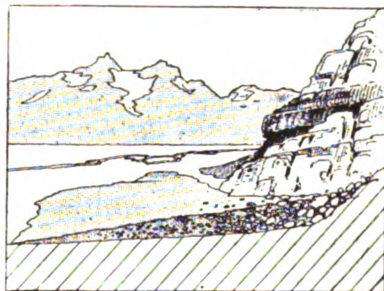


FIG. 226. — *Corte longitudinal del cono de deyección de un torrente.*

Siendo más larga la trayectoria a recorrer, la pendiente se suaviza y todos los aspectos característicos del torrente se amenguan con excepción del caudal que aumenta. Pero con respecto a las proporciones de éste, la geografía no ha podido establecer un límite estricto. El vulgo reserva el nombre de *torrente* al curso impetuoso y muy inclinado; el de *arroyo* a una corriente más suave, menos agitada que aquél, pero menor que un *río*, sin que pueda, no obstante, definir dónde termina una categoría y dónde empieza la otra.

Comprendiendo, por otra parte, el estudio de un río de múltiples aspectos, preferimos para claridad de la exposición, dividirla en varias agrupaciones.

ORIGEN DE LOS RÍOS. — La mayor parte de los ríos tienen origen en la reunión de varios hilos de aguas elementales, provenientes de lo que hemos llamado agua de lluvia *(aux sauxages)*. El agua de lluvia origina zanjas, canales y cañadas, que suelen mantener, durante algún tiempo después de la lluvia, el agua que les ha aportado aquélla. La reunión de varias cañadas forma el arroyo y la reunión de varios arroyos el río. En este caso, el aumento o descenso del caudal del río depende directamente de la pluviosidad.

Otros ríos tienen su origen en fuentes o manantiales, pero en todo caso, debe buscarse su origen en el agua de lluvia, pues toda circulación subterránea se genera en la imbibición del agua de lluvia, según veremos después.

Un tercer tipo de ríos, se forma por derretimiento de las nieves y hielos acumulados en las cumbres montañosas y tiene, por ello, períodos de crecidas y descensos muy característicos.

Todavía puede hablarse de un cuarto tipo: los ríos emisarios que son los que se forman para dar salida al agua sobrante de un lago: el



(Cliché de "La Terre").

FIG. 227. — *EJEMPLO DE EMERSION DE UN CONO DE DEYECCION TORRENCIAL EN UN LAGO RECEPTOR.* — *Silvaplana, Alpes Suizos.*



(Fot. L. Rostwick).

Fig. 228. — *Ejemplo de erosión realizada por un río en sus márgenes, durante una crecida.*

Desaguadero, por ejemplo, que vierte las aguas sobrantes del Titicaca en el Aullagas (Bolivia).

Cuenca. — Se llama cuenca de un río, el espacio superficial por donde corren las aguas que han formado sus contribuyentes, por donde corren estos y se desliza el río mismo. La cuenca viene a ser en el río, como la cubeta de recepción para los hilos de agua elemental que forman el curso superior de un torrente. Los antiguos geógrafos supusieron que dos cuencas debían estar siempre separadas por alturas. Ese es, sin duda, el origen de la llamada Cordillera Transversal de América del Sur, cuya existencia enseñan aún ciertos libros de texto. Los contribuyentes del Alto Tapajos, del Guaporé y los del alto Paraguay se dirigen en sentido opuesto y nada más lógico suponer que entre ambos existieran alturas. Hoy, sin embargo, se sabe que ambas cuencas no están separadas por elevaciones, sino por una superficie horizontal de aguas indecisas, que forman los *xarages*.

Algo análogo pasa con los tributarios del Río Mackenzie y los del Nelson y del Churchill, en América del Norte, sin que falten los casos de dos cuencas que pueden unirse por un río fluctuante *(bifurcaciones)* como el caño Casiquiare (Venezuela) y el de Manych (Rusia).

CAUCE MAYOR Y CAUCE MENOR; *la barranca.* — La trayectoria de las aguas que constituyen el río o sea el canal ocupado por la cinta de agua, se denomina *cauce, lecho, madre* o *álveo* del río. Haciendo un corte transversal del cauce, se advierte que no siempre el río se encuentra encerrado dentro del mismo límite y que con frecuencia sale de sus márgenes normales para extenderse dentro de otro límite más amplio (crecidas). Es fácil imaginarse que el lugar por donde las aguas corren habitualmente está sometido a una obra de desgaste y de transporte más moderada que cuando el río sale de sus orillas ordinarias, pues en este caso el volumen de agua que corre es mayor y está dotado, por lo tanto, de mayor fuerza de transporte. Hay, pues, en casi todos los ríos un *lecho menor* (el normal) y un *lecho mayor* (el de las crecidas). El menor, sobre todo, se caracteriza por la tendencia a socavar en forma de V.

La observación ha demostrado que cuanto más caudaloso es el río, más pronunciada es la diferencia entre los dos lechos. En nuestro país, la caída del lecho mayor al menor, se denomina *barranca.* Estar el río de *barranca a barranca,* equivale a decir que el río ha encauzado su lecho mayor y por consecuencia está en crecida.

Estas oscilaciones de la amplitud del río depende de su régimen.

RÉGIMEN DEL RÍO. — Se llama *régimen de un río,* a la diferencia existente entre el *estiaje* o sea el promedio de las aguas más bajas y las *crecidas*, es decir, el nivel más alto de las aguas durante un año.

En general, un territorio de pendientes acentuadas, facilita el escurrimiento de las aguas, obstaculiza la infiltración y aumenta las diferencias entre el estiaje y la crecida.

Un suelo impermeable, facilita el *arroyamiento* y como, por lo general, la infiltración del agua queda sólo limitada a las capas más superficiales, aumenta el número de manantiales y de fuentes (ojos de agua, etc.). Es el caso de los terrenos cristalinos del sur del Uruguay. Por el contrario, si el suelo es permeable, la infiltración abundante nutre capas profundas que escapan a la evaporación y alimentan fuentes permanentes. En los departamentos del sudoeste, donde el fundamento cristalino está cubierto por una gruesa capa del neógeno, los habitantes se ven obligados a levantar molinos de viento para extraer, durante los períodos poco lluviosos, el agua subterránea que ha de surtir los abrevaderos. [*32*, p. 322]. En los terrenos calcáreos muy fisurados, las corrientes de agua superficial son muy escasas; son embebidas por el suelo y reaparecen a largas distancias en forma de fuentes.

La ausencia o la presencia de agrupaciones de árboles (selvas y mon-

tes) producen variaciones en el régimen de los ríos inmediatos. Los árboles impiden la caída libre del agua de lluvia sobre el suelo y por ello demoran la acción de las aguas salvajes, las cuales son, por esto, menos enérgicas en su acción erosiva y de alimentación. La sombra proyectada por los árboles, obstaculiza, por otra parte la evaporación y ello concurre también, aunque en mínima parte, a modificar el régimen de los cursos de agua.

La forma de alimentación de los ríos es, pues, causa fundamental del régimen de éstos. Así, los geográfos acostumbran a reunirlos en tres grupos.

1º *Los que tienen por alimentación principal las nieves de las regiones desiertas,* ya sea como los del Turkestan y Afganistan (Amu-Daria y Sir Daria), ya sea como los de las llanuras heladas de la Siberia (Obi y Yenisei) con fuertes crecidas en primavera, época del derretimiento de las nieves.

2º *Los que se alimentan de nieves y de lluvias,* son ríos de altas montañas, de tipo alpino: como el Ródano y el Rhin y los ríos chilenos.

3º *Los que se alimentan de lluvias exclusivamente,* como los nuestros y los del Brasil. Su crecida y su estiaje dependen entonces del régimen pluvial.

En general, los ríos son de régimen complejo. El Ganjes, por ejemplo, recibe nieve del Himalaya y lluvias de los monzones del SW. El Amazonas, que tiene afluentes en los dos hemisferios, ve alternar las crecientes de ellos, por lo cual acusa en el año dos crecidas y dos estiajes.

Nuestros ríos tienen fuertes diferencias de nivel, debido al régimen torrencial que caracteriza a sus contribuyentes. En el Paso de los Toros, el Río Negro ofrece diferencias de 17 metros y aún mismo el Río Uruguay, en tiempo de grandes sequías, ve interrumpir la navegación de los buques a vapor que se dirigen al Salto. Por esta misma razón, los desconocedores de nuestra campaña se muestran en ciertas épocas muy extrañados de ver marcados en los mapas con el calificativo de arroyos a simples cañadones o zanjas que pueden cruzarse a pie, ignorando que la menor lluvia los convierte en correntadas muy peligrosas. Felizmente estas *crecientes* son de corta duración, pues por lo general, en los ríos la permanencia de la masa líquida de las crecidas ordinarias fuera del lecho menor, no excede de cinco o seis días. [*32*, p. 323]. Normalmente ellas se producen tres o cuatro veces por año, dentro de la estación invernal [*id.* p. 323].

«En tales condiciones — dice el ingeniero Federico Capurro, profesor de Puentes en la Facultad de Ingeniería — la construcción de puentes definitivos que salven las crecientes máximas extraordinarias, resulta onerosa, no guardando siempre relación su costo con la importancia del tráfico». Por esta razón se ha adoptado en el país el puente sumergible que salva el lecho menor y que, aún cuando ve el tráfico «interrumpido, tres o cuatro veces por año, durante los cinco o seis días que las

crecientes cubren la obra», tienen el atenuante de que la poca circulación y las industrias que utilizan el puente no tienen exigencias en cuanto a la rapidez de las comunicaciones en momentos determinados. [*id.* p. 323].

VELOCIDAD, GASTO Y TALWEG DE UN RÍO. — La velocidad de un río depende de la pendiente del terreno por el cual se desliza y de la masa de agua que transporta. Por lo demás ella no es igual en todo el curso: aumenta hacia el centro de la corriente y disminuye hacia las orillas en el fondo, donde éstas oponen una resistencia por roce. En los lugares angostos aumenta la velocidad, pues para que pase igual cantidad de agua en un tiempo dado debe hacerlo más rápidamente.

Para determinar la velocidad de los cursos de agua, se emplean los flotadores.

Gasto de un río. — La cantidad de agua que pasa por segundo, es igual a la sección del río o canal en metros cuadrados, por la velocidad del agua en metros por segundo.

Conocer el gasto de un río es de interés primordial para el ingeniero constructor de un puente.

Talweg del río, es el trayecto que en el cauce recorren los lugares más profundos. El talweg no está equidistante de la costa, sino que experimenta grandes desviaciones que están sujetas, por lo demás, a traslaciones continuadas. La cuestión jurisdiccional del Plata es un problema netamente geográfico - geológico. El Uruguay propone que la línea divisoria con la Argentina se establezca por la equidistancia de la costa; ésta propone la línea del *talweg*. [*68*].

PERFIL DEL EQUILIBRIO Y NIVEL DE UN RÍO. — Los ríos corren desde una parte alta hacia una baja, donde desembocan. Cuanto más inclinado es el lecho por donde corren, más velozmente se precipita el agua. Por esta razón, en el curso superior de un río, que es su parte de más pendiente, la obra de erosión es particularmente intensa. El lecho está lleno de irregularidades, escalonamientos y saltos bruscos. Al salvar el agua esos obstáculos tiende a desgastar las partes salientes y a rellenar, con el producto del mismo desgaste, las partes entrantes, y como cuando la pendiente se suaviza la corriente tiene menor fuerza, va depositando con más abundancia los materiales arrancados del lecho en el curso superior. Si el río es muy viejo, la obra de suavizar las irregularidades del lecho parece tocar a su fin y así, tomando las alturas de ese cauce, a distintas distancias, empezando al nivel de la desembocadura, se advierte que se produce una ascensión paulatina hacia la cabecera y que los niveles han descripto una especie de hipérbole tangente al *nivel de base* o sea el lugar donde desemboca. En una palabra: el perfil parece buscar un equilibrio: se dice entonces que el perfil del río está en equilibrio.



(Fot. The Brist, South Africa Comp.).

Fig. 229. — *CATARATA DE LA VICTORIA (Rio Zambeza). — Notable ejemplo de catarata formada por el desnivel de un salto de falla.*

En realidad, ningún río ha alcanzado su nivel de equilibrio, porque por viejo que sea, basta un desmoronamiento de tierra, la producción de una falla geológica en su lecho o cualquier otro accidente, para que se forme un escalón y tenga que recomenzar la obra de desgaste.

Los ríos que desembocan en el Océano, tienen por nivel de base el nivel del mar; los que van a un lago, la superficie de éste; los que van a otro río, el *talweg* del río principal.

Adviértase que en su obra de adquirir el perfil de equilibrio, las cabeceras de todo río tienden a retroceder.

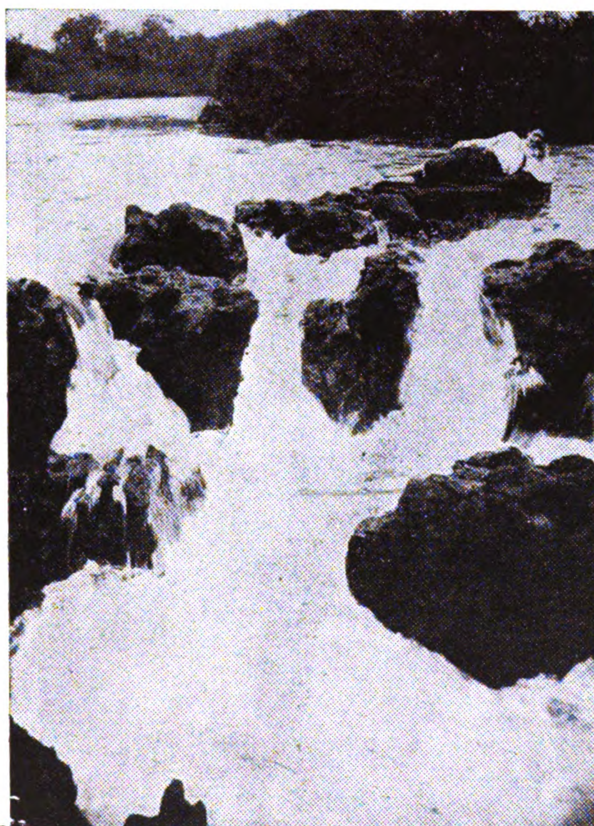


FIG. 230. — *Salto Grande del Rio Uruguay en estiaje.*

Cascadas, rápidas y marmitas. — Cuando un río, arroyo o torrente se ve precisado a descender debido a una desnivelación brusca del suelo por donde corre, se precipita formando un salto de agua al cual se le da el nombre de *catarata, salto* o *cascada*. Se ha creído encontrar en estos términos, un significado distinto, pero en realidad la geografía física no ha podido discernir claramente sus límites. Unas veces el río se precipita por un sólo salto, como el Niágara que cae de 77 metros; otras forman una sucesión de saltos, como el del Guairá.

En nuestro país no abundan las cascadas o saltos, porque, en general, las pendientes son suaves y continuadas; pero no faltan tipos interesantes. Como ejemplos de ellos pueden señalarse el Salto Grande del Río Uruguay (fig. 230) al Norte de la ciudad a la cual da nombre y la cascada del Queguay (fig. 231).

Pero ambos saltos quedan muy atenuados durante las crecidas, a tal punto que el primero, cuya altura es de ocho metros, en aguas norma-



Fig. 231. — CASCADA DEL RIO QUEGUAY

les, se convierte en una rápida durante las crecidas. A esto se debe que la proyectada utilización de estas caídas para la generación de energía hidroeléctrica, no haya contado con el entusiasmo de los técnicos y que en los últimos años se haya evolucionado hacia la construcción de una gran represa en el Río Negro que tendría la ventaja de proporcionar no sólo energía sino el agua necesaria para la irrigación de una vasta zona del país.

Las cascadas tienen diversos orígenes. Cuando, por ejemplo, un núcleo resistente se interpone en el curso de un río que corre por lechos blandos, forma una cascada o salto, debido a que, desmenuzando o disolviendo estos últimos, deja en descubierto y a una altura mayor que la del nivel general, las partes resistentes.

Otras veces las cascadas se deben al pasaje de las aguas de un valle a otro, al descenso de los diversos tramos de una meseta y también al corte violento de un terreno por la producción de un salto de falla.

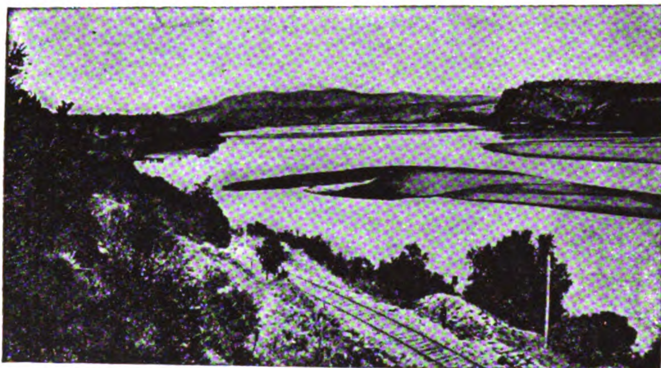
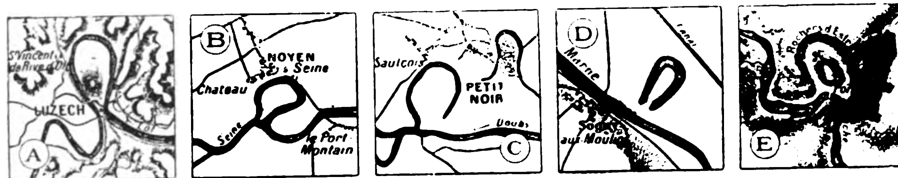


FIG. 232. — *RIO BIO - BIO (Chile).—Formación de islas por afloramiento de los bancos de aluvión en el estiaje*

En general, toda caída de agua está operando un movimiento de desgaste del escalón o de los escalones que ella forma, de suerte que hay una tendencia a redondear y aun eliminar las partes salientes y a rellenar, con el producto de aquellas, las partes entrantes del lecho. Esta obra proseguida sin interrupción durante un largo lapso de tiempo, concluye por convertir la catarata en un plano inclinado por donde se deslizan las aguas con gran velocidad: la catarata se ha convertido en una rápida.

La catarata del Niágara retrocede más de metro y medio por año, lo cual hace prever que dentro de algunos miles de años el Lago Erie tendrá un desagüe muy distinto del que ahora tiene para echarse en el Lago Ontario.

Muchas rápidas son, pues, cataratas envejecidas. Para conocer el lugar del emplazamiento de la antigua catarata hay que buscar la *marmita*. La marmita es un pozo profundo, formado en el lecho del río por la caída del agua. Esta arrastra consigo trozos de piedra, los cuales tomando movimiento circular, trabajan el fondo verticalmente a la manera de una fresa de carpintero.



(De Faldeau y Robin).

Fig. 233. — A *Bucle del Marne en Saint Mur (aproximación).* — B *Ruptura del istmo en Noyen (Sena).* — C *Falsos ríos Trelterans (París).* — D *Laguna lateral (Marne).* — E *Desecación de una laguna lateral (Ardeche).*

Cañones. — Con el nombre de *Cañón,* se designa cierta clase de gargantas, debidas a la acción erosiva de las aguas de un río, en terrenos más o menos blandos. Aun cuando preferentemente esta clase de forma geográfica corresponde a los terrenos calcáreos y arcillosos, no por eso deja de encontrarse cañones en el gres, en el granito y hasta en las coladas de basaltos. Se presentan a modo de enormes cortaduras, que hienden el suelo hasta profundidades donde no alcanza la simple vista. En algunos puntos del curso del Río Colorado, el agua corre actualmente a 1600 metros más abajo del horizonte donde empezó su obra de erosión vertical. (Fig. 78). Desde el punto de vista morfológico, los cañones son simples valles cuyas vertientes no han evolucionado a causa de la gran permeabilidad que suprime el desgaste horizontal (arroyamiento) y de la coherencia de la roca que no admite deslizamientos.

Bucles. — No todos los ríos tienen un curso más o menos recto. En general, cuanto más violenta es la pendiente, más tendencia a la línea recta tiene la trayectoria del río. Por esta razón, el curso medio y el inferior de una corriente, que corresponden a un perfil menos inclinado, ofrecen mayor cantidad de divagaciones o cambios de dirección, debido a que en ellos el poder erosivo es menor y hay una propensión a hacer depósitos aluviales.

En estas secciones, el cauce aparece, pues, lleno de sedimentos que muchas veces salen a la superficie y dan lugar a la formación de islas, sobre todo durante el estiaje. Estas islas no tienen, por lo general, mucha estabilidad, pues la primera creciente que aumenta la fuerza de arrastre del río, se lleva la acumulación. El proceso debe así recomenzar. Pero en algunas circunstancias, esos amontonamientos aluviales persisten aun después de las crecientes y dan lugar a la formación de verdaderas islas (fig. 232). Cuando éstas se constituyen definitivamente, angostan el pasaje de la corriente y ella tiene que efectuar una obra de erosión lateral para abrirse paso. De este modo tiene origen muchas vueltas de los cursos fluviales, si bien no siempre es imprescindible este proceso para que el cauce se vuelva tortuoso al extremo de formar círculos casi cerrados a los cuales se denomina *bucles* o *meandros.*



(De Geol. Gallach).

Fig. 234. — *Bucles del Rio Nervión, cerca de Bilbao (meandro encajado).*

Basta en efecto, que se produzca un desmoronamiento de una parte de la ribera, para que el agua cambie de dirección. Considerando que todo río está formado por una sucesión de hilos de agua paralelos, es natural que los que están más próximos al obstáculo que así se ha formado a su paso, trate de esquivarlo, aproximándose a la margen opuesta. Resultado de esto es que los que están más lejos de los obstáculos, obligados a mantener su paralelismo con los que efectúan la vuelta para salvar a éste, chocan con la margen del frente, originándose así una obra de desgaste al mismo tiempo que en la vuelta alrededor del desmoronamiento se produce, por pérdida de fuerza de la corriente, una depositación de materiales. Todo esto puede concretarse, diciendo que cuando un río se ve obligado a hacer una curva violenta, carcome la margen cóncava y rellena la convexa. Si este proceso continúa, el desgaste de las partes cóncavas tiende a formar un istmo, el cual se va adelgazando a medida que la erosión es mayor. (Fig. 233 A). En nuestro Río Negro, hay ejemplos muy hermosos de esta clase de bucles, donde la corriente forma un círculo casi completo y amenaza con cortar el istmo, forma que para las tareas de campo constituyen inmejorables *potreros*. La fig. 233, muestra el espléndido bucle del río Nervión (España). Muchas veces el istmo se corta, y entonces el río reanuda la dirección primitiva, quedando a un lado una laguna circular con una isla en el centro (figura 233 B). Otras veces sólo quedan falsos ríos, separados o en comunicación con el río primitivo (fig. 233 C), cuando no queda sino una laguna semicircular con una fuerte tendencia a la desecación.

Obsérvese que el esfuerzo continuado del río por ensanchar su cauce, trae aparejado, por sedimentación del producto de la erosión realizada, un aterraplenamiento de los valles de muesca o valles en V. La erosión profunda se ha convertido así en erosión horizontal y el fondo se rellena hasta convertirse en un espacio plano por donde divagan los

meandros. (Tránsito de valle encajado a valle de meandros divagantes).

Otros bucles se forman por la formación de depósitos en la boca de los afluentes.

Capturas. — El trabajo de erosión de los ríos es particularmente intenso en el curso superior, donde la inclinación del lecho es más esencialmente destructora. El agua está en un perenne esfuerzo por alcanzar el perfil de equilibrio. Desgasta el lecho, limando las salientes y ahondándolo, del mismo modo que un golpe de sierra corta la arista y traza su cortadura retrocediendo, con respecto al que la maneja. Si dos corrientes de agua, de vertientes distintas, están separadas por una altura, puede darse el caso de que el retroceso de las cabeceras de uno, alcance el curso del otro. Entonces, parte del río alcanzado se vierte en el cauce del río que retrocede: hay un fenómeno de captura. El río o el torrente de la vertiente más inclinada, es siempre el que captura, pues a él le corresponde, de acuerdo con lo dicho, la mayor fuerza erosiva.



FIG. 235. — *EL PUENTE DEL INCA, en el Río Mendoza.*

Los ríos chilenos situados al sur del paralelo 52º retroceden constantemente y han capturado el curso superior de ríos argentinos. De igual modo, lagos que antiguamente se echaban en el Atlántico lo hacen ahora en el Pacífico.

Geografía Política. — LAS CAPTURAS ANDINAS. — La falta de una noción clara y científica respecto del fenómeno de las capturas, hubo de provocar una guerra entre Chile y la Argentina. El tratado de límites de 1881 establecía como frontera la línea de «las altas cumbres que dividan las aguas» pasando «por entre las vertientes que se desprenden a un lado y otro». Al aplicar esta disposición, el perito argentino, sostuvo que la línea debía correr por las más altas cumbres, en tanto que el chileno creía que debía seguir la divisoria de las aguas.

De esta suerte, en virtud de la mayor pendiente, los ríos chilenos extendían siempre su dominio sobre el lado argentino.
El arbitraje del Rey de la Gran Bretaña trazó una línea convencional sin abordar de lleno el aspecto científico.

En nuestro país el geólogo Walther ha señalado un interesante caso de captura en el departamento de Maldonado, en la llamada Abra de Perdomo. Según dicho autor, el A.º Sauce desaguaba en la Laguna del Sauce, fué capturado por un arroyo que se encontró en el lado oriental de la Cordillera de la Ballena y trabajó su lecho hacia atrás. «Es posible que el arroyo que se encuentra hoy en el N. de la Laguna, represente un resto del curso original del arroyo Mataojo». [*158*, p. 10 y *159*, p. 231].
Recientemente se ha descubierto un caso de captura inminente en Africa: el Logone y el Charí, están a punto de ser capturados por el Benué [*Ann. de Geogr.*, Julio 1926, p. 383].

Estuarios y deltas. — Cuando un río se echa en el mar por medio de una desembocadura única, en forma de embudo, donde entran en conflictos las condiciones fluviales con las marítimas, se dice que forma estuario. Por lo general sus costas son bajas y muchas veces presentan el tipo de barrancas, como en el Río de la Plata.
Conviene decir, a este respecto, que el Plata no constituye un estuario típico, por más de que muchas obras así lo aseguren. Más bien parece el vestigio de las últimas transgresiones marítimas, [*158*, p. 243] encima de cuyas formas se depositaron después los sedimentos fluviales de los ríos tributarios.
Estuarios típicos existen en el Este de los Estados Unidos (Chesaspeake, Delaware, Hudson) en el Mar del Norte (Tay, Forth, Humber, Támesis, Elba, etc.
En el estuario típico, las mareas tienen un papel principal en las formas, pues invadiendo ellas la desembocadura, se oponen al fácil desagüe fluvial, de lo que resulta que el río pierde en profundidad lo que gana en amplitud o ensanchamiento.
En los estuarios hay una general tendencia a la sedimentación, pues siendo muy leve la inclinación del lecho, las corrientes son lentas, y si a esto se agrega, que las aguas del mar tienen la propiedad de clarificarse con 14 veces más rapidez que las aguas dulces, se explica la formación de bancos que se nota en los estuarios.
En esta clase de formación geográfica, es interesante el papel que desempeña el *talweg,* término éste que si bien corresponde en rigor a los valles (quiere decir, traducido del alemán: *camino del valle*), se le puede reconocer también en el estuario que en verdad es un valle sumergido. El talweg representa, pues, la ruta más profunda, y en este aspecto reviste un interesante significado internacional, pues muchas naciones han adoptado en los estuarios, como en los ríos, una línea de demarcación de fronteras que coincide con el canal más profundo.



Fig. 236.
Delta tipo Pó.



Fig. 237.
Delta del Nilo.

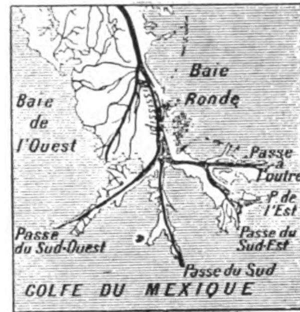


Fig. 238.
Delta del Missisippi.

Pero, según se ha dicho, el talweg es una línea movediza, sujeta a profundas modificaciones que provoca la erosión, determinada por la rotación de la Tierra. Este es el problema ya mencionado de la determinación fronteriza del Plata. La Argentina sostiene el criterio de la delimitación por el talweg; el Uruguay por la línea equidistante en tanto que Inglaterra, opina que el Plata es un mar libre.

Cuando el mar en el cual el río desemboca es poco profundo y las mareas no tienen una fuerza notable, hay la tendencia, en los estuarios, a transformarse en deltas.

El proceso puede comprenderse sabiendo que el lugar donde se neutralizan las corrientes fluviales y las provenientes de la marea oceánica, tienden, por interferencia, a la formación de barras. Los estuarios más típicos tienen siempre una barra en formación y numerosos bancos detrás de ésta, formados por la sedimentación fluvial. Acaso la barra futura del Plata sea el actual Banco Inglés, caracterizado ya por el carácter fluctuante de sus fondos. Cuando la acumulación de sedimentos sea en él tan grande que logre *aflorar* a la superficie, entonces, se habrá formado un cordón que actuará de verdadera defensa para las aguas situadas corriente arriba. Estas, libradas del embate destructor de la marea oceánica, entrarán en calma y depositarán sus detritus con mayor rapidez. Los bancos actuales de Ortiz, Arquímedes, Medusa, etc., formarán islas y así, poco a poco el estuario se habrá dividido en diversos brazos hasta convertirse en un delta.

Las diferencias de nivel provocadas en el Plata por los vientos, afectan el estuario hasta un lugar muy interno, señalado hoy por la presencia del banco Placer de las Palmas que es el lugar donde el delta del Paraná cesa. Pero las depositaciones de éste son inexorables. El Placer de las Palmas ya es casi un conjunto de islas como lo prueban los sondajes que sólo acusan, en ciertos lugares, algunos centímetros de profundidad y no pocos puntos de la costa argentina se han mantenido accesibles a la navegación mediante la obra costosa y permanente de las dragas.

Los deltas son, pues, estuarios rellenados por los sedimentos, los

cuales han levantado los bancos de su fondo hasta más arriba del nivel de las aguas y formado islas que dividen la desembocadura en diversos brazos.

Hay distintas clases de deltas, pero todos tienden a la forma triangular de la letra griega *(delta)* que les diera nombre. Pueden sin embargo concretarse a tres categorías:

1º *Delta tipo Nilo.* — De forma triangular (fig. 237). Sus lagunas se han ido rellenando paulatinamente. El cordón litoral que se advierte perfectamente en el límite del antiguo estuario, está en la línea de la costa.

2º *Delta tipo Pó,* característico de mares sin marea, de poco fondo, sin corrientes fuertes (fig. 236). Colmado el estuario, el trabajo ha continuado por fuera de la línea general de las costas. (Río Ebro y Río Pó).

3º *Delta tipo Missisippi* o de pata de oca (fig. 238). Las corrientes fluviales intensas penetran en el mar y arrojan, fuera de la línea del primitivo estuario, sedimentos que se alinean a un lado y otro de la corriente. Cuando salen a la superficie son verdaderos cordones longitudinales que marginan la corriente. Si ésta arrastra, por cualquier causa, dependiente del régimen del río, un caudal extraordinario, la doble formación dentro de la cual se encerraba antes, se rompe y deriva hacia los lados, donde a su vez se forman nuevos cordones que, en definitiva dan la formación de una pata de palmípedo avanzando sobre el mar.

LAGOS

La parte de la Geografía que estudia con especialidad los lagos, se llama *limnología.*

Lago es una depresión del terreno donde se han acumulado las aguas. Su extensión es, pues, muy variable y en rigor no sirve para una clasificación. Se llama, en efecto, mar indistintamente al Mar Muerto y al Mar Caspio, pero no se llama mar al Lago Salado ni al Lago Superior.

Algo parecido podría decirse en cuanto los términos lago y laguna, pues no establecen un límite estricto, aun cuando este último se refiera más bien a porciones de agua poco extensas y profundas.

Por eso se prefiere, para una clasificación, el origen de la formación lacustre. Desde este punto de vista, los lagos se dividen en lagos de origen tectónico; lagos de poldje y dolmas; lagos cratéricos; lagos de erosión graciar; lagos de barrera; lagos de inundación (E. de Martonne). De cada uno de estos tipos hemos de ocuparnos más adelante.

Caracteres generales de los lagos. — Casi todos los lagos de cierta extensión tienen los caracteres topográficos análogos. Junto a sus orillas se ve una región de bajos fondos a la cual los pescadores del lago

de Ginebra llaman *beine*, palabra ésta que ha pasado a la terminología científica. Representa en los lagos el mismo papel que la plataforma continental en los océanos. El *beine* cae en forma de talud al fondo del lago, el cual está formado por los detritus más finos que tienden a una sedimentación continuada. Por esta razón, los lagos tienen generalmente fondo con pocas irregularidades y de ahí que en el Lago de Ginebra se le conozca con el nombre de *plaine*, es decir, llanura.

Pero si en su topografía los lagos tienen una evidente semejanza con el océano, no ocurre lo mismo en cuanto a la temperatura de las aguas y a su salinidad. Debiendo ellas su temperatura al calentamiento solar, lógicamente debiera disminuir en profundidad. Pero el agua sólo adquiere su máximo de densidad a los 4°, y esto es causa de notables perturbaciones, por más que de la tranquilidad reinante en la masa líquida hubiera que esperar una estratificación muy simple. Sin embargo, esta misma tranquilidad es el vehículo de las perturbaciones aludidas: las capas más densas descienden hacia fondo y las más ligeras suben.

En el verano, las aguas calentadas de la superficie no pueden descender debido a su poca densidad y en el invierno, por el contrario, las aguas de la superficie, que están próximas a los 4° se hunden, de lo que resulta que toda la masa adquiere esta temperatura. Si el enfriamiento superficial continúa, las capas quedan en la superficie en virtud de ser menos densas, de lo que resulta que las del fondo son las más calientes y las más densas: ocurre, entonces, una verdadera inversión de temperaturas.

En los lagos las corrientes son poco sensibles y las mareas, aún en los más extensos, casi insignificantes. En el lago de Ginebra y en algunos otros se ha notado el fenómeno denominado *seiches*, desnivel de las aguas, a veces de 1 y de 2 mts., debido a las diferencias de la presión atmosférica en dos puntos distantes del lago: mientras una parte sube, la otra desciende. Este movimiento se puede comparar con una vibración, pues en él se notan hasta los llamados puntos muertos.

Cuando los lagos son de gran extensión, presentan, en los días de fuerte viento, oleajes análogos a los del océano.

Clasificación de los lagos por su origen. — De acuerdo con lo expuesto más arriba, va a continuación, una suscinta mención de los lagos clasificados por su origen:

a) *Lagos tectónicos.* — Son, por lo general, los que se encuentran en los desniveles provocados por las fallas geológicas (como los lagos de Oregón, fig. 68) o en los hundimientos de conjunto llamado fosas, como los de Africa Oriental. Pueden tener mucha profundidad (como el de Tanganyka que es el más profundo de la Tierra) y carecer de comunicación con el mar, como ocurre en los mencionados lagos. Muchas veces, mientras la superficie está sobre el nivel del mar, el fondo de la cubeta, se encuentra a muchos centenares de metros por debajo de él.

Debe incluirse también en esta clase de lagos, los llamados *polje* de

los países calcáreos, pues si bien su origen hay que buscarlo en la erosión subterránea hecha por los ríos, su formación obedece a verdaderos hundimientos.

b) *Lagos cratéricos.* — Cuando los volcanes permanecen largo tiempo en reposo o están extinguidos, su cráter se llena de agua y da lugar a la formación de lagos de forma circular como los de Eiffel (Alemania) y el de Albano (Italia). Son profundos y suelen adquirir un gran diámetro. El Cráter Lake del Oregón (Estados Unidos) tiene 10 kms. de diámetro y 650 metros de profundidad [1].

c) *Lagos glaciares.* — La erosión de los glaciares esculpe en el trayecto de la masa helada verdaderas cubetas. Cuando el glaciar se retira, las aguas convierten esa depresión en un lago. Los lagos glaciares tienen por característica una cubeta muy alargada. (Lago de Garda, Mayor, etc.).

d) *Lagos de barrera.* — Son, a decir de Martonne, más o menos temporarios. Un obstáculo cualquiera (acumulación de materiales arrastrados por un torrente, un río o un glaciar) provoca el ensanchamiento del curso y la formación de un lago.

La barrera puede formarse por desmoronamientos de tierra, caso frecuente en los países montañosos, donde se ha podido seguir el proceso de formación y desaparición del lago. En otras ocasiones, un río o torrente de un valle secundario, al afluir a un valle principal, encuentra cerrado su paso por la presencia de un glaciar o ventisquero. Este es el caso, ya clásico, del lago Märjelem, cerrado por el glaciar de Aletsch en Suiza (Alpes Berneses). Un efecto análogo puede producir una corriente de lava y aún las morainas de un antiguo ventisquero.

La barrera puede ser formada también por dunas. Ya hemos citado, en otro lugar, el modo de formarse la laguna de Garzón, verdadero ensanchamiento del arroyo de su nombre, en el límite de Maldonado y Rocha.

Aun mismo las lagunas de Rocha y de Castillos obedecen a un origen análogo, si bien, en estos casos, el ensanchamiento excesivo del arroyo interceptado, ha concluido por abrazar el curso inferior de todos sus arroyos contribuyentes.

e) *Lagunas de inundación y de meandros fluviales.* — Cuando el río sale de madre, deja, al volver a su cauce, a un lado y otro de éste, una serie de lagunas de carácter casi siempre temporario, pero que pueden, no obstante, persistir por mucho tiempo o hacerse perma-

---

1. L. Collet distingue cuatro grupos de lagos volcánicos o cratéricos: los mares, lagos ocupando un cráter o caldera de explosión, lagos ocupando un cráter de hundimiento y lagos ocupando una depresión de una meseta basáltica. Para los que quieran ampliar este punto consulten [38, pág. 0 y sig.].

nentes. Este es el caso de las lagunas fluviales de Mazangano, en nuestro Río Negro. En otros casos los meandros fluviales cierran su círculo y el río recupera la dirección general, dejando aislado a un lado lagunas semicirculares muy típicas como las que se encuentran en el valle del Missisippi.

Los lagos pueden ser, además, por su situación con respecto a los cursos de agua, lagos terminales: el Mar Caspio, por ejemplo.

Desaparición de los lagos. — Todos los lagos tienen tendencia a desaparecer. Las causas que intervienen en esta clase de fenómenos son múltiples. Un río al verterse en un lago le echa sus sedimentos y si éstos son abundantes puede llegar a rellenar la cubeta. Es este el caso del torrente del Ródano, que al verterse en el lago de Ginebra amenaza cegarlo por completo. Es la obra de constante acrecentamiento de su cono de deyección, según hemos visto anteriormente.

Otros lagos, carentes de tributarios o cuyos tributarios no alcanzan a equilibrar el agua que se pierde por evaporación, mueren por desecación. Este sería el caso de algunas lagunas del Este del país, según ciertas opiniones, si bien a nuestro modesto entender ello no sería causa suficiente para justificar algunos descensos del nivel del agua muy pronunciados notados desde 1916 en la laguna de Castillos, disminución de nivel al que no se ha alcanzado en épocas de sequías mucho mayores.

No deja de ser también frecuente la muerte de un lago por ensanchamiento de su emisario, o bien por la apertura de un emisario donde antes no lo había. En la Laguna de Rocha se suele ahondar artificialmente el canal emisario (al que tapan las arenas volantes) para evitar la inundación de los campos circunvecinos.

Causas geológicas pueden también provocar la desecación del lago: la apertura de una falla que lo ponga repentinamente en comunicación con el mar; el retroceso de un río que llegue a capturarlo, como ha ocurrido en algunos lagos andinos del Sur.

EROSIÓN SUBTERRÁNEA

CIRCULACION DE LAS AGUAS EN LAS PROFUNDIDADES

Permeabilidad y fisuración del suelo. — Todas las rocas son permeables. Aún aquellas que nos parecen más impermeables, absorben cantidades apreciables de agua. Los términos permeable e impermeable sólo tienen, pues, un valor relativo. En rigor debe traducírseles por «más o menos impermeables». El granito que nos parece tan seco, contiene agua abundante en su constitución. «Es un hecho universalmente conocido — dice Fernández Navarro [*51,* p. 11] que todas las rocas, aun las más compactas e impermeables, están más o menos empapadas de agua; es lo que se llama agua de cantera o de impregnación que pierden por su contacto con la atmósfera». Los obreros que arrancan piedras en las canteras de diversas clases de rocas, saben bien, como lo dice el mismo autor, que expuestas al aire «adquieren una tenacidad enorme cuando se desecan y por eso, al dejar el trabajo recubrén las superficies frescas con los mismos detritus arrancados para evitar la pérdida por evaporación» [*51,* p. 42].

En general, el agua penetra más cuando llueve despacio o poco abundantemente que cuando la lluvia es copiosa, pues en este último caso el agua se desliza rápidamente por las pendientes superficiales.

La rapidez y la abundancia de la absorción, depende, como es natural, de la calidad de la roca, pero, en general se puede decir que las rocas son permeables de tres maneras: 1º Por imbibición de las tierras sueltas y las rocas porosas propiamente dichas; 2º por relleno de las pequeñas cavidades de los materiales fragmentarios; 3º por penetración en las hendiduras del terreno [*51,* p. 42].

Toda agua de infiltración está sometida a dos fuerzas antagónicas: la gravedad que tiende a hacerla descender y la atracción de las paredes o elementos sólidos que tienden a detenerla en su trayecto descendente. Cuando los intersticios son amplios, cabe en ellos agua abundante, de lo que resulta que la gravedad es más poderosa que la atracción y el agua desciende fácilmente; pero cuando los intersticios son pequeños la atracción molecular predomina, por lo cual el agua se detiene o bien puede subir en dirección vertical.

Se calcula que el agua puede descender por la acción de la gravedad hasta 10 o 12 kilómetros, donde, por efecto de las enormes presiones ya no hay porosidad ni hendiduras y donde la temperatura reinante transforma las condiciones físicas del agua.

Los terrenos arcillosos son los que tienen mayor impermeabilidad; los de arena, por el contrario, son los más ávidos de agua y los que ofrecen una mayor capilaridad.

Primera y segunda napa. — Se ha visto que entre las capas permeables puede distinguirse dos categorías: 1ª las que, por tener una constitución fragmentaria, son naturalmente penetrables por el agua *(arenas, gravas, etc.)*; 2ª las que habiendo sido, en su origen compactas, se le han producido después fisuras en distintas direcciones *(calcáreas)*.

El fenómeno de la infiltración propiamente dicha, ocurre en las primeras; la circulación en venas acuosas en las últimas. La infiltración se detiene a la profundidad en que se encuentra una capa impermeable (arcillas, esquistos compactos, etc.) o bien cuando el agua ha saturado por completo la capa. Esta zona, donde las aguas descienden por infiltración, impregnando, por consiguiente, una zona o espesor de capa, ha sido llamada *primera napa, napa de infiltración* o *aguas freáticas*. Siendo, pues, el origen de la napa de infiltración puramente pluvial, es natural que la profundidad e importancia de la napa dependa de la lluvia y la proximidad mayor o menor del vertedero o lugar donde han de echarse las aguas.

La *segunda napa* o *napa profunda* corresponde a los terrenos fisurados y en ella el agua corre en venas que acciona la gravedad y que forman una verdadera red de canales de forma poligonal, especialmente en las calcáreas. No es difícil deducir que la circulación en la segunda napa es mucho más rápida y fácil que en la primera, porque mientras en ésta la amplitud de los canales no opone resistencia a la fuerza descendente de las aguas, en la primera napa la infiltración va unida a fenómenos de capilaridad que no sólo pueden contrarrestar, deteniéndola, la fuerza de gravedad, sino que hasta en casos especiales puede provocar la subida del nivel de las aguas.

Si los canales de las aguas profundas constituyen una red y no un conjunto, se ve cuán poco apropiado es el término con que se les designa.

En el Uruguay no se han hecho estudios de la napa profunda.

Cuando muchos canales o fisuras se reúnen, sus aguas constituyen un verdadero río subterráneo dotado de extraordinaria fuerza erosiva, en virtud no sólo de la acción mecánica reservada al pasaje y roce de la corriente, sino también por las altas temperaturas de que está frecuentemente dotada y los elementos químicos que lleva en disolución.

Un ejemplo muy notable de río subterráneo lo proporciona el Doubs, río de Francia, afluente del Saona, parte de cuya trayectoria ha sido abierta por debajo de las montañas del Jura. En otras partes, los ríos subterráneos han abierto verdaderas galerías de muchos kilómetros de extensión y constituyen, según veremos después, países dotados de fauna y flora particulares. Ejemp.: la gruta del Mammuth, en los Estados Unidos.



(Fot. de "La Terre" de Robin).

Fig. 239. — *LA FUENTE DE VAUCLUSE.* — *Ejemplo de circulación subterránea.*

Fuentes y manantiales. — En virtud de las infiltraciones y la colocación de las napas, se originan las fuentes y manantiales.

Ya hemos visto que cuando la primera napa descansa sobre una capa impermeable completamente horizontal, las tierras se impregnan rápidamente de agua y se produce una región pantanosa. Por el contrario; cuando el plano de contacto de la napa freática y la napa profunda tiene cierta inclinación, las aguas corren en el sentido de la pendiente por la parte inferior de la primera, de lo que resulta una corriente que sólo espera hallar una fractura o sección de los planos para salir al exterior. En muchos casos, basta que un valle esté a un nivel más bajo que la capa impermeable, para que se produzca una línea de fuentes que coincide con el referido plano de contacto. Cuando el estrato impermeable pasa por debajo del *talweg* del valle, las aguas pluviales se acumulan en él y afloran dando lugar a la formación de una fuente o manantial. Estos y otros casos que podríamos citar, dan a comprender que las fuentes, manantiales y ojos de agua no son otra cosa que las aguas de lluvia que después de haber sido absorbidas por la tierra reaparecen en la superficie. El hombre, en conocimiento de estas nociones, trata de hacer aflorar el agua a la superficie por medios artificiales *(alumbramiento de aguas subterráneas)*. Para lograr la salida al exterior del agua subterránea, se construyen *pozos* en la capa permeable hasta dar con una profundidad próxima a la capa impermeable o llegar a ella misma. Cuanto más cerca se halla la perforación de la capa impermeable, más rico en agua será el pozo. Este puede practicarse no sólo en la napa de infil-

tración sino también en la napa profunda, si bien en este caso la probabilidad de obtener agua es más difícil, pues debe darse con el pasaje de uno de los canales o fisuras que constituyen la red. «Cuando en Montevideo se perforó el gran túnel de las obras de saneamiento para llevar los desagües de la ciudad hacia el Sur, se hizo toda la perforación, que en algunas partes está a 40 m., bajo el nivel de la calle al través de la roca dura de la segunda napa, y fueron tan abundantes las aguas halladas que hubieron de emplearse máquinas poderosas para sacarlas y poder continuar los trabajos» [*35*, p. 265].

Cabe advertir que el agua de pozo no es agua estancada. Para comprobarlo basta echar en ella algunos trozos de corcho o aserrín. Después de cierto tiempo se ve que toda la materia flotante se ha acumulado en el lado del pozo hacia el cual corren las aguas. A esta movilidad de las aguas, se debe la leyenda de los «pozos sin fondo» de que se habla en algunas partes del Norte de nuestro país. Arrojada, en efecto, una piedra atada a una cuerda, se tiene la sensación de que por larga que sea ésta no logra jamás tocar el fondo del pozo. Se trata únicamente de que la fuerte corriente del pozo arrastra consigo la piedra a larga distancia.

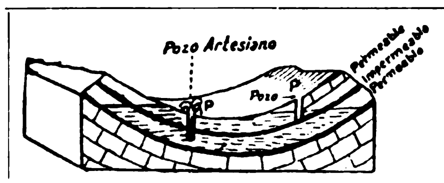


FIG. 240. — *Pozo común y pozo artesiano.*

Dada la alimentación de los manantiales, se explica que los que se encuentran en lo alto de una región se sequen más pronto, durante los períodos de sequía que los que se encuentran en las partes bajas. Arturo Carbonell y Migal [*35*, p. 265] cita el caso de la ciudad de Rivera, cuyos habitantes, cuando la lluvia se hace esperar demasiado, ven secarse los pozos de la parte alta de la población, por lo cual deben proveerse del agua necesaria en los pozos bajos ya bastantes distantes.

No todas las aguas de manantial son, como lo cree el público, buenas para beber. Lo común es que no sean aptas, pues tratándose de aguas infiltradas, pueden pasar por terrenos donde se encuentren acumuladas impurezas, materias en descomposición, etc. De esta generalización no se salvan tampoco las aguas de la segunda napa, pues corriendo ellas por canales, no sufren ni siquiera la filtración de las que pertenecen a la capa freática.

La mineralización de que algunas aguas de manantiales están dotadas, no son sino el producto de su pasaje por terrenos de distintas composiciones.

Pozos artesianos. — Cuando la capa permeable en la cual el agua circula está encerrada entre dos capas impermeables formando una especie de cubeta (fig. 240), el agua no encontrando salida, puede alcanzar en el suelo un nivel más elevado que el fondo de esta cubeta. Si en las regiones más bajas del suelo, se hace un pozo muy profundo,

capaz de atravesar la capa impermeable superior, el agua se elevará en el agujero y podrá saltar más arriba del nivel del suelo. Estos pozos han sido llamados *pozos artesianos*, por haber sido practicados por primera vez en Artois. El agua que los alimenta suele proceder de lugares muy distantes. Así el agua de los pozos artesianos de Grenelle y de Passy, en París, pozos que tienen más de 500 metros de profundidad, provienen de las lluvias caídas sobre las arenas de la meseta de Langres.

Fuentes intermitentes y temporales. — Todas las fuentes y manantiales no tienen un mismo caudal de agua permanente, pues las hay, que, en determinados momentos, disminuyen el volumen de emisión y otros en que cesan por un instante, un mes, un año y vuelven a recomenzar su actividad con intervalos perfectamente calculables. La explicación de este fenómeno puede obtenerse, sabiendo que el agua que corre por una vena, cae a un recipiente cuya única salida ejerce las funciones de un sifón. El agua se acumula así, hasta que su nivel llega a la boca del sifón y entonces queda repleto y el agua sale a medida que la recibe; pero si esta boca es mayor que la del canal que llena el agua, el recipiente se vacía y la emisión cesa hasta tanto el receptáculo vuelva a ser llenado.

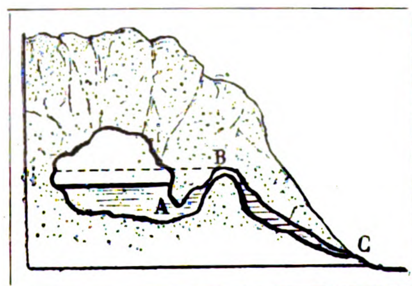


Fig. 241.
Teoría de las fuentes intermitentes

Grutas y cavernas. — Con el nombre de cavernas se distingue en geología una cavidad subterránea, producto de la dislocación de las capas terrestres, de la consolidación de productos volcánicos y de la acción disolvente y erosiva de las aguas. El nombre de grutas se reserva, por lo general, a aquellas cavernas que tienen una amplia salida al exterior y en cuyo interior la luz no falta por completo.

Uno de los fenómenos que más llaman la atención en las grutas y cavernas, es la presencia de una especie de columnas que parten del techo y del suelo y unas veces se unen formando verdaderos pilares. Son estos pilares las estalactitas y estalagmitas, correspondiendo el primer nombre a las que cuelgan del techo, y el segundo a las que se alzan del suelo. Las estalactitas se forman en largos períodos de tiempo por el agua saturada de carbonato de cal, que filtrando lentamente de la bóveda superior de la gruta, deja adherida a ella, parte de la sustancia calcárea que forma series de columnas o cortinajes, a primera vista, de un aspecto flúido. La estalagmita es la estalactita invertida y su formación obedece a la caída de las gotas procedentes de lo alto, las cuales originan un depósito calcáreo que crece en altura a medida que mayor es la cantidad de materia que aporta aquélla. Hay, sin embargo, muchas grutas que no tienen estalactitas ni estalagmitas.



(Croquis del autor).

FIG. 242. — *PALACIO DEL INDIO. — Curiosa disposición en columnas de la gruta de Marincho (Flores)*

Muy notable es la gruta de Grilenrensher, en Suiza, que está dividida con paredes planas en cámaras, y la indagación científica ha probado que en una época remota estuvo habitada por leones, osos y hienas. Pero la gruta más conocida es la de Igriz, en Bihar (Hungría). Consiste en una serie de salas, pequeñas y grandes, ligadas entre sí por corredores, muchos de los cuales parecen artificiales y dan la ilusión de encontrarse en una bodega. En un punto se encuentra un paso extraordinariamente angosto, pero que conduce al lugar más hermoso, más profundo y más grandioso de toda la gruta, vale decir, la gruta del oso: una pieza de 16 metros por 24 y de una altura de 21.

Estados Unidos posee la gruta más grande del mundo, la de Mammuth (Kentuky) en la cual se han explorado de 50 a 60 kilómetros y se supone que tenga muchos más.

En el Uruguay se encuentran también algunas grutas, aunque no de extensión ni de verdadera importancia. Entre éstas, debemos citar la de Arequita, en Minas, cuya formación es evidentemente erosiva; la de la Ballena, en Maldonado, formada por el embate furioso de las aguas del Atlántico; la del Aguila, en Soriano, determinada por el arrastre de terrenos; la de la Mesa, en Tacuarembó, del mismo origen que la anterior, que presenta la particularidad de ofrecer en medio de una espaciosa sala, una roca en forma de una mesa perfectamente utilizable para los excursionistas que en ella se internan; pero de todas ninguna reviste la extraordinaria belleza e importancia que la llamada *Gruta del Palacio* o *Palacio de los Indios*, curiosa formación situada en las pendientes de la Cuchilla de Marincho en la parte NO del departamento de Flores y de cuyo aspecto proporcionamos un croquis (figura 242). Los primeros visitantes de esta gruta, impresionados por la curiosa disposición regular de sus columnatas, pensaron que fuera obra artificial de los Indios, pero los geólogos modernos que la han estudiado explican su origen por un proceso completamente natural [1].

---

1. **La Gruta del Palacio.** — Está situada en una débil depresión llenada con depósitos limosos y libre de afloramiento. La roca que compone la gruta se puede observar en casi toda la parte superior del valle. Se destaca en forma de una cornisa débil. Se ve por eso el perfil muy extraño consistente en un "techo" de 70 a 100 centímetros de espesor, descansando sobre "columnas" gruesas, irregularmente distribuidas, de un espesor y de una altura a veces más grandes que la de un hombre. Entre estas columnas se observa, en partes interiores de la gruta muy ramificada, una arenisca floja de color débilmente amarillento, poco calcárea, roca que no permite entrar más adentro. Hacia la entrada, la arenisca se encuentra más o menos deslavada, a causa de la destrucción de las aguas goteadas por el techo. Esta cavidad efectúa un socavamiento del techo, y un aligeramiento de las columnas; el techo sucumbe y priva a las columnas de su abrigo, originando su desaparición. De tal suerte retrocede esta interesante formación más y más, y teniendo sólo una profundidad limitada va a desaparecer completamente en un tiempo relativamente corto, si no se hacen esfuerzos para impedir su destrucción.

Si, pues, el "Palacio de los Indios" no es construcción humana, en todo caso es digno de ser conservado por representar un documento geológico muy interesante. Con respecto al material del techo y de las columnas, hay que decir que consiste en una roca que tiene, en estado fresco, color rojo vivo y es de carácter concrecionario, apenas sedimentado. En las partes donde se halla algo descompuesta, resulta ser bastante floja y de una estructura en parte conglomerática. Pedazos, en parte, hasta más grande que una nuez, débilmente redondeados, de color rojo vivo, están englobados en una masa más clara y floja, encontrándose por eso a veces destruida. La relación entre estos trozos y cementos es tal, que el último muchas veces desaparece. Común a ambas partes es la riqueza en granos de cuarzo, que se ven bien, bajo la lente. — KARL WALTHER.

EROSIÓN GLACIAR

Nieves persistentes o perpetuas. — Pueden distinguirse dos clases de nieve: la *nieve fresca* y el *nevisco*. La nieve fresca se acumula en formas cambiantes, en virtud de que los vientos producen en ella fenómenos muy visibles de transporte y la licuefacción está operando de continuo una transformación de la masa. Productos de esta transformación son las llamadas *nieves penitentes*, designación que alude al aspecto de peregrinos o penitentes arrodillados que afectan, miradas desde lejos. El nevisco es la nieve de las altas montañas que no se derrite rápidamente y se acumula transformándose en nieve granular.

La temperatura de las altas cumbres es siempre inferior al punto de licuefacción de la nieve y de ahí que se haya dado el nombre de nieves perpetuas a lo que evidentemente no debiera designarse así, puesto que perpetua, propiamente dicha, no hay ninguna nieve. La nieve está, en efecto, en continua renovación. Si ellas no se derritieran nunca, las montañas estarían en un incesante crecimiento por el aporte de nuevas nieves.

Debe haber, pues, para cada altura o por lo menos, para cada lugar, un límite en el cual las nieves pueden permanecer siempre en las cumbres y a ese límite inferior se le da el nombre de línea de las nieves perpetuas. La latitud tiene, como ha de comprenderse, un papel principal en la altura de las nieves perpetuas, pues en las zonas más calurosas, ha de tenerse que subir más que en las templadas y frías a objeto de encontrar las temperaturas necesarias para la congelación de las aguas. De esta suerte, la línea de las nieves perpetuas, que se inicia en los polos al nivel del mar, debe ir ascendiendo a medida que los grados de latitud decrecen y ocupar así la altura máxima en el ecuador. Pero circunstancias locales, fáciles de explicar, alteran la regularidad de esa curva teórica, que, no obstante, se cumple de un modo general. En la Cordillera de los Andes, por ejemplo, la altura mayor del límite inferior de las nieves perpetuas no se encuentra en el ecuador, sino en el Trópico de Capricornio. Allí el régimen de los vientos descendentes, aumenta la temperatura de las masas del aire por calentamiento adiabático, de lo que resulta que si bien el aire puede contener una apreciable cantidad de humedad, ésta no llega al punto de saturación. Para encontrar, pues, las temperaturas necesarias a la congelación del agua, es necesario subir mucho más alto que en los lugares donde las precipitaciones son abundantes, como ocurre en la línea ecuatorial.

Las avalanchas. — La masa de nieve que cae en las cumbres montañosas es realmente considerable. Según L'Espagnol [*81*, p. 294] en el San Bernardo (Alpes) la caída es de 5 a 10 metros por año. Si esta masa de nieve no se derritiera nunca, las montañas crecerían indefinidamente. Pero esas masas se aligeran en virtud de la caída de grandes porciones que ruedan por las pendientes con una fuerza desvastadora increíble. Cuando se precipitan en esta forma cantidades de nieve desde lo alto de las cumbres, se dice que se ha formado una *avalancha*. La caída de las avalanchas o aludes está fuertemente relacionada con el derretimiento de las nieves y por consiguiente con las temperaturas y las estaciones; por esta razón, gran número de avalanchas se producen con períodos fijos y siguen siempre una misma trayectoria de las pendientes, razón por la cual cavan su cauce llamado *corredor de la avalancha*.

La fuerte impetuosidad de la caída de las avalanchas hace que la nieve arrastre consigo gran cantidad de piedras y barro. Cuando el desprendimiento sólo afecta la parte superficial de las nieves, se llama *avalancha superficial*, pero cuando el deslizamiento comprende todas las capas acumuladas y aún mismo parte de las rocas y de las tierras sobre las cuales la nieve está posada, se dice que es una *avalancha de fondo*. Corresponde a ésta, como podrá imaginarse, la mayor impetuosidad. Para evitar los daños provocados por la caída de una avalancha, se procede a formar empalizadas que aminoran por etapas escalonadas, la fuerza de la avalancha o bien se hacen plantaciones de árboles, cuyos troncos realizan una obra de contención análoga. La catástrofe de Goldau, en el Rigi (Suiza), sepultó tres aldeas, Goldau, Busingen y Unterrothen, matando a 455 personas. La masa de escombros ocupaba un volumen de 15.000.000 de mts. cúbicos (A. Heim).

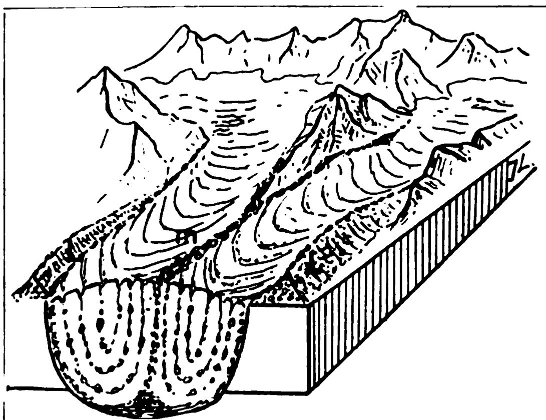
Los Glaciares o Ventisqueros. — Por definición un glaciar o ventisquero es una masa de hielo que desciende lentamente de las cumbres montañosas o se desliza, a poca altura del nivel del mar en las altas latitudes.

La nieve que se acumula en estos circos o cubetas se presiona por su propio peso y de esta suerte, el aire que contenía la masa helada y que le daba el aspecto blanquecino, es desalojado al exterior. En este estado del proceso transformativo, los cristales empiezan a adherirse unos a a otros, a la par que los rayos solares provocan un derretimiento de las capas más superficiales. Entonces, los cristales que han tomado una forma más o menos redondeada, dejan pasar en sus intersticios el agua, la cual, en contacto con la temperatura de las masas ya congeladas, se solidifica de nuevo y suelda los trozos inmediatos. Así se forma una masa granular poco compacta, pero lo suficientemente sólida para que se pueda caminar sobre ella. Esta nieve granular constituye un estado de transición entre la nieve propiamente dicha y el hielo y a ella llaman los franceses *nevé*, los españoles *nevisco* y los suizos *firn*.

Pero el proceso de transformación no ha cesado en este estado. Bajo

la presión de las masas acumuladas en el circo glaciar, se escurren por la puerta o garganta de que la cubeta está dotada y adquiere así, paulatinamente y a medida que avanza, una consistencia cada vez mayor. La nevé, desalojando el aire por completo, se ha transformado en hielo y así, en un descenso casi imperceptible se forma el glaciar, ventisquero o helero.

CLASIFICACIÓN DE LOS GLACIARES. — Los estudios realizados hasta ahora permiten reducir los glaciares a dos grandes grupos: *glaciares de montaña* y *glaciares de la calota polar*. Los primeros se dividen a la vez en *glaciares encauzados* y *glaciares suspendidos*. Los glaciares encauzados son los que siguiendo la trayectoria del valle que su erosión ha formado, llegan hasta el pie del valle principal. Los Andes Patagónicos contienen, como lo demuestran las últimas exploraciones, la masa de glaciares más grandes del mundo y también la mayor cantidad de glaciares de valle conocida. Cuando la masa de nevé y de hielo sólo constituye un lóbulo de la cuenca de recepción y poco se adelanta hacia el valle, se dice que el glaciar es *suspendido*. Cuando dos o más glaciares se juntan para formar uno sólo y mayor, se denomina glaciar de *pie de monte*. El Glaciar de Malespina realiza el ejemplo más notable de esta clase de glaciación. Abarca una extensión de 3.500 kms. cuadrados y se encuentra en Alaska, a orillas del mar.



(De S. Leuba).

FIG. 243. — *Esquema teórico de un glaciar*

Los glaciares de la calota polar son tan amplios que abarcan centenares de kms. de ancho y por eso carecen de hecho de laderas.

MOVIMIENTO DE LOS GLACIARES. — La inmovilidad de los glaciares es sólo aparente. Ellos están dotados de un movimiento sumamente lento en la dirección de la pendiente, pero la velocidad de este movimiento parece depender de diversos factores que la ciencia no ha podido determinar todavía con verdadera exactitud.

Huggi, Aggazzi, Farbes y Tyndall hicieron interesantísimas observaciones sobre la marcha de los ventisqueros [1] y llegaron a medir su velocidad valiéndose de jalones plantados diagonalmente. Observando,

1. Durante sus tentativas de ascensión al Monte Blanco, Sausurre había abandonado, en 1788, una escalera al pie de la Aguja Negra: ella fué encontrada, en 1832, a cuatro kms. más abajo de su punto de partida [95, p. 112].

desde un flanco, con el teodolito, las irregularidades de su marcha, por la desviación angular registrada, pudieron afirmar que la marcha del hielo glaciar es más rápida en el centro que en las orillas y en la superficie que en el fondo, como ocurre en los ríos. De igual modo, la velocidad aumenta en los sitios angostos. El segundo de los sabios nombrados, pudo comprobar, por el medio a que nos hemos referido, que el movimiento de los lados está en relación al centro como 1 es a 65, vale decir, que mientras el hielo lateral camina 1 metro, el centro ha andado 65 veces más, pero cada vez que se estudia la formación y marcha de los ventisqueros, surgen nuevos datos que dejan perplejos a los sabios. La velocidad no parece depender sólo de la pendiente, ni de la presión superior, ni siquiera de la flexibilidad de la masa helada; dos glaciares de igual caudal y pendiente, pueden no marchar con igual velocidad.

Morainas y grietas. — Los fragmentos procedentes de las rocas que caen de lo alto de la montaña a la superficie de glaciar, o simplemente las que el trabajo erosivo del helero arranca de las laderas y del lecho, marchan, en la lengua del ventisquero conjuntamente con éste y se acumulan, formando líneas oscuras ya a los lados de la corriente, ya en el centro y aun en el fondo, que se denominan *morainas* o *morenas* y en América del Sur *canchales*.

Cuando las morainas están junto a las márgenes del ventisquero se llaman morainas laterales. En la fig 243, *L*, *L*, son *morainas laterales*. Puede ocurrir que dos glaciares se junten y entonces la moraina lateral izquierda de uno se reuna con la moraina lateral derecha de otro, formando, entonces una línea central que se denomina *moraina* central (*m*). Tanto las morainas centrales como las laterales se van hundiendo paulatinamente, de lo que resulta que se acumulan en el fondo. Tal es el caso de las *morainas de fondo* representadas por *E*, en la mencionada figura 243.

Todo glaciar, al descender hacia el valle, ve disminuir su espesor, pues las temperaturas más altas derriten la masa helada. Cuando ésta se ha convertido en agua ya no puede transportar los elementos que conducía la cinta del helero y así se ve a éste abandonar a su pie las morainas de su curso. Estas se disponen generalmente al frente de la base del ventisquero, en forma semicircular y dan lugar a las *morainas frontales* que cuando son muchas y cerradas constituyen un muro que contiene el agua derretida y forma un verdadero lago.

La masa de hielo de un ventisquero no es completamente lisa y compacta. Aparte de las irregularidades que ofrece su superficie por los fenómenos de la erosión y de la licuefacción, se ven en ella grandes grietas que ocupan distintas situaciones en la corriente. Hay, en efecto, grietas *transversales* y *longitudinales*. Las primeras se deben a los fuertes desniveles del lecho que obligan al hielo a flexionarse. Si la flexión es demasiado brusca, entonces se raja la masa helada formando una o varias grietas a lo ancho del ventisquero por las cuales puede verse,



(Fot. Neudein).

FIG. 244. — *Glaciar de Laschaux, saliendo de su cubeta de recepción*

muchas veces, el lecho de piedra sobre el cual resbala la corriente sólida. Las grietas longitudinales se deben a la diferencia de velocidades entre la parte central y las márgenes: a medida que la velocidad central aumenta se van produciendo grietas cada vez más oblicuas, razón por la cual llegan a serlo tanto que dan la impresión de que se producen a lo largo de la corriente.

Una vez que la corriente de hielo salva el obstáculo o la causa que la produce, vuelven a juntarse sus bordes por la propiedad que tiene el hielo llamada *regelación*. Es una verdadera cicatrización de la herida del hielo.

Mesa y serac. — En algunos ventisqueros se ven grandes trozos de hielo elevados sosteniendo una piedra de grandes dimensiones cuyo origen se explica así: una piedra de tres o cuatro metros se deposita sobre el glaciar. Los rayos del sol, calentando el hielo que rodea la piedra, lo derrite, pero como ésta evita que aquellos toquen el hielo sobre el cual se encuentra, hay una zona que resiste el derretimiento general, por lo cual parece que la columna así formada se eleva paulatinamente, cuando lo que ocurre es que cada vez se va desgastando más el nivel del suelo helado. A esta clase de formaciones se denominan mesas.

En algunos casos, el ventisquero llega al borde de una fuerte corta-



(De Faideau y Robin).

FIG. 245. — *SERACS del glaciar de los Bossons (Macizo del monte Blanco).*

dura del suelo y no pudiéndose flexionar, sigue su marcha formando una cornisa que mantiene el fenómeno de la vegetación, pero que por su propio peso concluye por caer, fracturándose en mil trozos que constiuyen un mar de bloques irregulares y desordenados, llamado *serac*.

Erosión glaciar. — El agua helada, de por sí, es un material resistente y por lo tanto apropiado para el desgaste, pero, además, las rocas que envuelve el ventisquero hacen, en el fondo o cauce, los efectos de un rastrillo en la tierra. Poco a poco las enormes masas de tierra cortan el suelo y modifican las laderas y concluyen por arrancar materiales que van a depositarse en el fondo del valle. La acumulación de estos elementos, tiene, por lo demás, mucha importancia geológica, pues no ha de escapar a nadie la transformación que ellos operan en su progresión constante.

Los valles recorridos en otras épocas por los glaciares, presentan una superficie lisa, debido a la erosión, pero como no siempre la tierra ofrece igual resistencia en todas partes, de ahí que se formen surcos, ocupados más tarde por las aguas, según lo muestran los lagos de Finlandia.

Cuando la moraina frontal es muy grande, se forman diques que retienen las aguas derretidas, formando verdaderos lagos. Las rocas aborregadas que suelen verse en algunos valles son también producto de la erosión glaciar. En fin, los valles glaciares se distinguen de los fluviales por su forma en U. Los fiordos de Noruega, no son sino la obra de erosión de antiguos ventisqueros polares que cubrieron las altas latitudes en el período cuaternario.

LA GEOGRAFÍA HUMANA

El hombre que habita la Tierra ha impreso su huella y muchos de los rasgos fundamentales de la superficie terrestre tienen relación con la inteligencia humana. Hay, pues, hechos humanos determinados por influencia geográfica, como hay hechos geográficos determinados por influencia humana. La parte de la Geografía que explica esta mutua vinculación de factores, se denomina *Geografía Humana* y una concepción elevada de lo que debe entenderse por influencia del hombre, invita a no detenerse en la obra individual y apreciar el esfuerzo colectivo de las agrupaciones de hombres. «En todos los hechos de la Geografía humana, son grupos que actúan en contacto, en conflicto o de acuerdo con los agentes naturales». [*147*, p. 180].

Si desde lo alto de una montaña, contemplando la llanura que está a nuestro pie, no es fácil decir si el hombre la ha elegido alguna vez como residencia o si sólo se ha servido de ella como ruta. Bien pronto reconoceríamos la vivienda, ya abierta en la roca, ya en el hielo a la manera de los esquimales, ya en tienda transportable como la de los Kirguices de la estepa caspiana; aquí una senda o un camino; más allá una obra artificial que salva los obstáculos de la ruta: la «picada», el puente. En una palabra: *donde la vida humana se ha desarrollado, la geografía la revela en un conjunto de hechos materiales.*

Todos estos hechos tienen una explicación en causas permanentes e invariables por ser indispensables a la constitución orgánica del hombre:

1º LA NECESIDAD FISIOLÓGICA DE RECURRIR AL SUEÑO por períodos, obliga a guarecerse de las inclemencias del tiempo y ello determina la habitación.

2º LA NECESIDAD DE COMER, obliga al hombre a buscar el agua indispensable y ello a su vez a acercarse al río, a la fuente o a cavar un pozo. El cultivo es sólo posible donde hay agua y él obliga a domesticar animales.

3º LA NECESIDAD DE MANTENER EL CUERPO A UNA TEMPERATURA CERCANA A LOS 37º, obliga a *vestirse* y por consiguiente a la introducción de artes e industrias con sus correspondientes fenómenos de expansión y de transporte, ruta, vehículos y mercado.

4º LA NECESIDAD DEL HOMBRE DE VIVIR ASOCIADO, le obliga a formar pueblos y a dividir la propiedad.

A su vez el medio en el cual está obligado a vivir, reacciona sobre el hombre en forma de tres fuerzas substanciales:

a) La distancia. — El hombre debe vencerla por sus relaciones con el tiempo. El obstáculo geográfico, debe salvarse en la forma más económina: la senda, el camino, el túnel, el ferrocarril... Cuando estos existen hay una riqueza que el hombre opone a la reacción natural y es, entonces, un síntoma de vida activa.

b) El espacio. — El hombre está en perenne lucha con su conquista. Las naciones como los hombres, quieren más espacio para explotarlo o para intercambiar sus productos. Los pueblos colonizadores no sólo quieren nuevas tierras para volcar el exceso de población, sino para colocar el sobrante de su producción y de su industria. Italia quiere más tierras para descongestionar de hombres su suelo exhausto y Estados Unidos, país inmenso, las quiere también para colocar su producción.

c) La energía. — Los países para vivir una vida próspera necesitan fuerzas naturales o artificiales para sus industrias. «Todo estado y mismo toda instalación humana es la amalgama de un poco de humanidad, de un poco de suelo y de un poco de agua». [*27*, p. 72 t. I].

El agua, el viento, el carbón, la caída del torrente, todo es energía coadyuvante de las obras materiales que el hombre necesita.

El ecumeno; la población. — Ratzel valiéndose de un término griego llamó *ecumeno* a la parte de la superficie terrestre donde hay señales de la vida humana. No todo el globo está habitado; hay regiones que ahuyentan al hombre y que se traducen en el mapa por partes en blanco. Las condiciones físicas que ya estudiamos explican esta ausencia humana, pero no debe interpretarse esto creyendo que el hombre huye irremediablemente del suelo que no produce por naturaleza. La Pomerania es un ejemplo admirable del hombre para hacer producir la tierra estéril; Flandes demuestra cómo el esfuerzo perseverante del poblador puede transformar un pantano en una zona de cultivo.

Actualmente viven 1900 millones de hombres sobre la Tierra, pero todos no se reparten uniformemente sobre ella. En Europa, con 10 millones de kms.^{2} viven 450 millones; en Australia, con una superficie sólo algo menor, únicamente se encuentran 7 millones.

Del mismo modo Asia, que duplica la población de Europa, tiene, sin embargo, cuatro veces su territorio. Aun dentro de los continentes la distribución es irregular según veremos enseguida.

DENSIDAD DE LA POBLACIÓN. — Se llama densidad de población de un país, zona o lugar, la cifra que resulta de dividir el número total de sus habitantes por los kilómetros cuadrados de que consta, o dicho de otra manera: si la población de un país se repartiera en igual cantidad por kilómetro cuadrado, cabrían en cada uno de estos tantos habitantes. Suponiendo que el Uruguay tenga 2 millones de h. y su superficie

sea de 186.000 kms.², le corresponde una densidad de cerca de 11 h. por km².

Pero, como es natural, la cifra que se obtiene es variable si en lugar de tomar un país en conjunto se toman divisiones del mismo. Montevideo tiene más de 1000 habitantes por km.²; Canelones 26, Tacuarembó sólo 3.

En Bélgica pueden apreciarse también grandes diferencias de distribución de la población: mientras la densidad total es de 254 h. por km.², el Brabante llega a 485 y en Luxemburgo sólo a 50. Todo esto se explica por causas físicas y económicas que determinan bien las leyes de la repartición de la población que van enseguida.

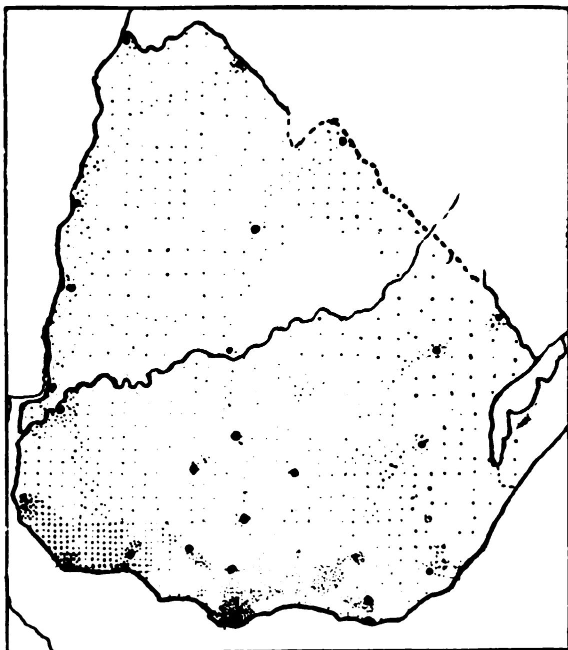


FIG. 246.—*Este mapa explica cómo están distribuídos los habitantes en el Uruguay. Cuanto más juntos están los puntos indican mayor población. Véase cómo las zonas inmediatas a la capital están muy pobladas (Canelones). Al sudoeste hay otra zona de gran población (Colonia). En el centro, un poco al norte, los habitantes son muy escasos. (Este de Tacuarembó).*

Leyes de la repartición de la población. — 1º *En los países nuevos de colonización y de inmigración, los habitantes se acumulan preferentemente en las costas y a orillas de los grandes ríos.* — Ej.: el Brasil, el Uruguay, Estados Unidos y en general todos los países americanos. Los colonizadores como los inmigrantes actuales, preferían los lugares próximos a las costas para fijar su residencia en virtud de las mejores posibilidades para un retorno fácil al país de origen. Cuando la civilización aumenta, las comunicaciones con el interior se hacen más fáciles: los caminos, las carreteras, los ferrocarriles realizan una constante obra de penetración a la cual siguen insensiblemente los pobladores.

2º *En los países cálidos, el hombre busca las mesetas del interior para fijar su residencia.* — Las causas que determinan la emigración del hombre a las alturas han sido indicadas en la página 96.

Es el caso de la Puna Americana y de las mesetas de Asia Central.

4º *Los ríos navegables atraen al hombre a sus márgenes.* — Ej.: el Uruguay, el Paraná, el Yangs - tse - Kiang. El agua asegura el riego de los cultivos y la salida de la producción; facilita los transportes y proporciona pesca. El Yangs - tse - Kiang y el Ganges son, acaso, los lugares del mundo más densamente poblados.

5º *Sólo una excepcional producción favorece la concentración humana en los países muy cálidos.* — Ej.: Java. El calor enerva, las aguas entran en putrefacción con facilidad, las fiebres hacen presa del hombre blanco. Aún a orillas del mar, las agrupaciones humanas escasean. Las pesquerías deben efectuarse generalmente de noche y se lucha con las dificultades de la conservación.

6º *Las regiones frías ahuyentan la población.* — En el hemisferio meridional no hay habitantes al Sur del paralelo 60º En el hemisferio Norte, muchas regiones de Siberia y del Canadá tienen menos habitantes que algunas partes del océano surcado por navíos.

7º *El desierto no es habitable.* — Los *oasis* son, en cambio, centros de verdadera concentración humana. Son islas de hombres perdidas en el mar de arena y de piedra.

8º *Las altas montañas* no contienen sino poblaciones momentáneas o precarias. Estas viven preferentemente en el valle, al abrigo de los fuertes vientos y de las temperaturas excesivamente bajas.

9º *La capacidad productiva ahuyenta o atrae la población.* — Tucumán tiene 15 habitantes por k.² debido a la producción de la caña de azúcar; Canelones 26 y Colonia 14 por la producción agrícola. En cambio, Tacuarembó, donde se encuentran extensos bañados, apenas si tiene 3.

Demografía. — La Demografía es la ciencia de la población, la que nos explica su crecimiento o disminución, el estado civil de los hombres y los factores numéricos que expresan el carácter continuamente renovable de la masa de pobladores de un país o comarca.

CRECIMIENTO VEGETATIVO. — Se llama crecimiento vegetativo a la diferencia entre las defunciones y los nacimientos en un determinado lapso de tiempo. Hay crecimiento vegetativo positivo y crecimiento vegetativo negativo. El primero corresponde al exceso de los nacimientos sobre las defunciones: ej.: el Uruguay, la Argentina, Estados Unidos tienen crecimiento vegetativo positivo. Cuando las defunciones sobrepasan los nacimientos, hay crecimiento vegetativo negativo. Ejemplo: Francia.

La despoblación de Francia es un problema que estudian con interés los políticos. En 1870, cuando la guerra franco - prusiana, Francia tenía 36 millones de habitantes y los alemanes 39. Cuarenta y cuatro años después, en la guerra de 1914, Alemania tenía 67 y Francia sólo 39. Mientras esta había aumentado tres millones, los alemanes casi habían duplicado su población. Diversas causas pueden contribuir a esta despoblación o este estancamiento de la población francesa, pero la más poderosa parece radicar en causas económicas derivadas, en parte de un exceso de previsión.

En el Uruguay se plantea, con caracteres bien definidos un problema demográ-

fico de interés: habiendo sido este país uno de los que mayor crecimiento vegetativo ofrecía de todo el mundo, en las últimas décadas ese crecimiento ha rebajado ostensiblemente, al paso que se señala un aumento alarmante de la mortalidad infantil. Los médicos que han estudiado este asunto, atribuyen el fenómeno a causas variadas, sin que hasta ahora se haya podido establecerlas con certeza: la imprevisión de las madres en la alimentación de los primeros meses, la falta de higiene de los ranchos y de los inquilinatos, los remedios caseros a los cuales se recurre entre la gente de pueblo antes de llamar al médico...

La mortalidad aumenta con las guerras, las epidemias y enfermedades endémicas como la tuberculosis y la malaria.

EMIGRACIÓN. — La población de un país puede disminuir no sólo por exceso de defunciones sobre los nacimientos, sino también por emigración. Se llama emigración al acto de dejar o abandonar una persona, familia o pueblo, el país donde naciera para radicarse definitiva o temporalmente en otro país. La emigración es una especie de nomadismo internacional [p. 119] «uno de los fenómenos sociales más trascendentes de la época contemporánea. Tuvo su desarrollo principal a mediados del siglo XIX y hoy día son cerca de dos millones de hombres los que cada año abandonan Europa para no volver más». (*Miranda. Principios de Geog. General*, pág. 98).

Las causas que producen la emigración son: *a) Insuficiencia de la producción en el país o en una zona de él*: Ej. Italia, actual y Galicia. La pérdida de la cosecha de patatas en Irlanda, en 1848 y 1851, produjo hambre en el país, lo cual originó una fuerte corriente emigratoria hacia los Estados Unidos. Esta es la razón por la cual hay en Norte América más irlandeses e hijos de irlandeses que en Irlanda. Casi todos los países europeos tienen emigración por insuficiencia productora.

b) Por la coacción política, social o religiosa. — A esto, obedece la existencia de gran parte de la población uruguaya residente en la Argentina, desde las épocas ya pasadas de los movimientos subversivos en nuestro país. Las leyes militares suelen ser también causa de emigración, por el deseo, de la gente joven, de no permanecer en los cuarteles, durante largo tiempo.

c) Por la esperanza de un rápido mejoramiento económico. — Ej.: la afluencia de estadounidenses a Alaska; la población inglesa que se trasladó a Australia con motivo del descubrimiento de oro en el Sur.

INMIGRACIÓN. — La inmigración es el acto de abandonar su país de origen para instalarse en otro temporal o definitivamente. Las causas que producen la inmigración son, en síntesis, las perspectivas de un gran rendimiento de trabajo (descubrimiento de minas, fertilidad extraordinaria de las tierras de labranza, éxito de determinado producto para la explotación industrial, etc.). En el primer caso están Australia, Alaska y Sud Africa; en el segundo, la Pampa Argentina y en el ter-

cero los cafetales del Brasil. Nuestro país atrajo, en otras épocas gran número de inmigrantes. Hoy ese número se ha reducido mucho. La extensión de las tierras argentinas, la fama de la fertilidad del Brasil, la propaganda consular utilizada con gran eficacia por los países vecinos, han determinado esa disminución.

En general, la inmigración beneficia a los países que la reciben, porque les proporciona brazos para las explotaciones agrícolas e industriales y porque les facilita también los métodos prácticos del trabajo de países ya experimentados en determinados ramos de la actividad económica. Hay, sin embargo, inmigración *no deseable* e inmigración excesiva. Contra la no deseable, constituida por elementos revolucionarios y propagandistas de determinados sistemas de gobierno que pueden perturbar la tranquilidad del país, los gobiernos han dictado leyes prohibitivas; contra la inmigración excesiva, Estados Unidos, por ejemplo, sólo permite la entrada a un número determinado de individuos por año, clasificados por nacionalidades.

La estadística y los censos. — Los países necesitan saber no sólo el número de sus habitantes, sino también la clase de actividades a que se dedican, los nacimientos, las defunciones, el estado civil, la riqueza, etc., porque las leyes que se dictan deben estar basadas en cálculos exactos y no en apreciaciones más o menos concretas. La ciencia de llevar el recuento de todos estos aspectos de la actividad social y económica de un pueblo, se llama estadística. Ella puede extenderse a todos los aspectos de la vida y expresarse ya sea en números o en gráficas.

La base de toda buena estadística es el *censo*. Levantar el censo de un país, es llevar a cabo un recuento de todos los habitantes con especificación del mayor número posible de datos correspondientes a cada uno, en un término de horas que se determina previamente. La operación de levantar un censo no puede durar mucho tiempo, porque entonces los datos recogidos pueden alterarse. En lo relativo al número de habitantes, por ej., de un país dotado de muchos millones, en el transcurso de pocas horas se producen nacimientos y defunciones que alteran la exactitud de las cifras. En algunos países las constituciones o las leyes mandan hacer censos cada diez o cada cinco años, pero pocos son los que cumplen la regularidad de estos plazos en virtud de ser el censo una operación muy costosa para el Estado.

Una vez que se han obtenido las cifras del censo, es la estadística la que debe conseguir que estos datos permanezcan al día durante todo el período en que no se levanta censo. Así, para el caso del recuento de la población, partiendo de las cifras globales del censo, la estadística debe tener en cuenta, día por día, la cantidad de personas que nacen y las que fallecen, las que entran y salen del país por sus puertos y fronteras, etc. Pero este recuento, por minucioso y bien organizado que sea, no siempre puede llevarse a cabo sin omisiones. El estado no puede vigilar la voluntad individual de cada habitante ni estar absolutamente en todos los lugares de sus fronteras. De esta suerte son muchas las personas



(Fot. de "Las razas humanas").

FIG. 247. — *Hombre de pueblo nórdico.*



(Fot. de "Las razas humanas").

FIG. 248. — *Mujer de pueblo nórdico.*

que entran y salen del país sin ser anotadas, como son también muchos los nacimientos que no se inscriben en los registros respectivos por negligencia o ignorancia. Se explica, entonces, que al cabo de algunos años, las omisiones puedan ser importantes y que, por consecuencia deba procederse a la realización de otro censo.

Las razas. — Se entiende por raza, según Boule, la continuidad de un tipo físico que traduce las afinidades de sangre y representa una agrupación esencialmente natural, pudiendo no tener y no teniendo generalmente nada de común con el pueblo, nacionalidad, idioma, costumbres que responden a agrupaciones puramente artificiales... que no son más que el producto de la Historia.» (Boule, Les Hommes Fosiles, p. 320). Así, pues, no existe una raza bretona, sino un pueblo bretón, una raza francesa, sino una nación francesa; ni una raza aria, sino lenguas arias; ni tampoco una raza latina sino una civilización latina.» *(idem.)*.

Se discute aún, sin llegar a ningún acuerdo, acerca de si los hombres que habitan el planeta pertenecen a uno o a varios centros originarios. Algunos autores — los *monogenistas* — pretenden que todas las razas humanas habrían partido de un centro único, la meseta de Pamir, en Asia, dispersándose luego hacia distintos lugares donde las condiciones físicas del suelo impusieron en cada una rasgos particulares. Por el contrario — según los *poligenistas,* — las razas descienden de varios grupos aparecidos simultáneamente en diversos lugares de la Tierra.

«Se ha citado por los monogenistas — dice un autor — el hecho de que el color de la piel, cabellos y ojos se distribuye en el globo según



(Fot. de "Las razas humanas").
FIG. 249.—*RAZA BLANCA.—Jefe argelino.*



(Fot. de "Las razas humanas").
FIG. 250. — *RAZA AMARILLA.— Tipo chino.*

los climas; han objetado los poligenistas que los lapones, samoyedos y esquimales, son mucho más morenos que los escandinavos y fineses; que en Africa los más negros habitan no en el Ecuador, sino entre los 12º y 15º de latitud norte.

Los monogenistas refutan con la teoría de la influencia de las circunstancias locales, como ser la altura, (los milaneses son más morenos que los suizos; según Quatrefages, los abisinios son tanto más obscuros cuanto más alto viven en la meseta; los indios peruanos del llano son blancos con relación a los de la montaña, etc.).

Clasificación de las razas. — Actualmente, aún buscándola entre los pueblos más atrasados y aislados, apenas se encuentra una raza pura, dando a la palabra raza, el verdadero valor antropológico. Esto se debe a las emigraciones que, llevando las razas de un punto a otro han mezclado los grupos étnicos, modificando el idioma y las costumbres y adaptando las condiciones físicas a las necesidades del clima y del suelo. Para encontrar, pues, los caracteres puros de una raza, es preciso, casi siempre, recurrir a los caracteres medios que compongan el tipo ideal.

Los hombres de ciencia no han podido aún encontrar un sistema para clasificar las razas dentro del cual quepan todos los rasgos característicos de los distintos pueblos de la tierra. Para el inglés Bradley el color del cutis representaba el primer elemento de distinción: había según él razas blancas, negras e intermedias, divididos según la barba y el cabello: los etiópicos, por ejemplo, eran negros de pelo lacio; los negritos africanos, negros de pelo rizado. Geoffroy Saint Hilaire, distinguía ya en 1860, cuatro razas fundamentales: la caucásica, la mongólica, la etió-



(Fot. de "Las razas humanas").
FIG. 251. — *RAZA AMERICANA. Tipo patagón.*



(Fot. de "Las razas humanas").
FIG. 252. — *RAZA AMERICANA. — Indio apache.*

pica, la hotentote y trece secundarias. Después, Huxley propuso cinco: negroide, australiana, mongola, chantoncroide y melanesia. En 1879, Hœckel creyó hallar la solución clasificando las razas por el cabello: de pelo rizado en granos de pimienta; de pelo rizado con implantación continua; de pelo lacio y de pelo en bucles. Quatrefages, en 1887, propuso tres troncos: (blanco, amarillo y negro) y numerosas ramas. Otras clasificaciones se basaban en la forma del cráneo, en el color de los ojos, en la estatura.

Hoy, los investigadores, se inclinan a no hacer clasificaciones basadas en uno o más caracteres, sino en el conjunto de los caracteres que pueden observarse. Veamos cuales son esos caracteres distintivos:

a)* CARACTERES EXTERNOS. — 1º *Color de la piel.* — El color de la piel depende de la acumulación, más o menos grande, de pigmentos. Broca había propuesto una escala de 34 coloraciones, pero en la práctica ésta se reduce a las diez graduaciones de Deniker («Les races et peuple de la terre», p. 34): 1, *blanco pálido;* 2, *blanco rosado* (escandinavos, germanos del norte, ingleses); 3, *blancos tostados o morochos* (mediterráneos); 4, *amarillo pálido,* color llamado grano de trigo (chinos); 5, *amarillo cobrizo* (indios sud - americanos, indonesios, polinesios); 6, *amarillo oscuro* (malayos); 7, *castaño rojizo* (bedjas, peulos, etc.); 8, *castaño chocolate,* (australiano); 9, *castaño muy oscuro* y 10, *negro.

Es de advertir que estos tintes no corresponden, a veces, a las divisiones clásicas de la raza por su ubicación geográfica: los negros no



(Fot. de "Las razas humanas").
FIG. 253. — *RAZA AMERICANA. Indio cocopa.*



(Fot. de "Las razas humanas").
FIG. 254. — *RAZA AMERICANA. Indio del Brasil.*

sólo viven en Africa sino también en muchos lugares de Oceanía y en algunos de Asia. Entre los mismos negros africanos hay tintes amarillos (bosquismanos); hay, así mismo indios sud-americanos de tintes casi blancos.

2º *El cabello y sistema piloso.* — El cabello puede servir de característica por varios aspectos: 1º por el color; 2º por su sección y 3º por su implantación.

Hay seis tonos principales de pelo; negro, moreno, castaño, rubio amarillo y blanco lino.

El color del pelo varía con la edad. Generalmente los niños que tienen el cabello rubio, en los primeros años, se les oscurece en la juventud.

Seccionando un cabello se puede ver que no todos tienen la misma forma: en los individuos de raza amarilla es circular; en los de raza blanca ovalado y en los de raza negra aplastado. A su vez, el cabello aplastado es rizado; el oval ondulado y el circular rígido.

La implantación del pelo no es tampoco igual en todas las razas: en la raza blanca es oblicuo a la piel, pero los cabellos aplastados están implantados perpendicularmente y a veces en grupos, de suerte que si se les corta ofrecen el aspecto de las escobillas de un cepillo.

En cuanto al sistema piloso, es de abundancia distinta según la raza: los blancos lo tienen regular; los negros poco abundante o nulo; los ainos y australianos, tan espeso que entre los primeros suele medirse bellos del cuerpo de más de 15 centímetros de largo. La barba de igual modo es escasa entre los negros, amarillos y americanos; los blancos, en cambio, la tienen abundante.

3º *Los ojos.* — El iris contiene el pigmento colorante en dos capas, de tal modo que cuando es sólo la membrana la que tiene las granulaciones, el ojo aparece azul o gris, y cuando éstas se acumulan en la capa media, el iris resulta oscuro, con diversas tonalidades. Por lo general, los rubios tienen ojos claros y los morenos oscuros. Los negros y amarillos tienen ojos negros, pero no debe tomarse como una norma inexorable la correspondencia de los ojos claros con los rubios y los negros con los morochos, pues hay muchos rubios con ojos negros y morochos con ojos azules y grises. En todo caso este es un signo de cruzamiento de raza.



(Fot. de "Las razas humanas").
FIG. 255. — *RAZA NEGRA AFRICANA. — Sistema de embellecimiento.*

La forma del ojo y su colocación en la cara, parece ser también un signo distintivo de las razas. Los blancos tienen, por lo general, los ojos de forma elíptica y el eje que va del lagrimal al ángulo externo es horizontal, mientras que en los pueblos de raza amarilla ese eje está colocado con cierta oblicuidad. Además, el eje menor no está situado en el centro, sino más próximo al lagrimal, por lo que el eje afecta una forma de almendra.

d) LA TALLA. — La estatura que es variable de un sexo a otro, es también muy distinta según la raza que se considere. Es natural que aquí nos referimos a la talla media. Así, hay pueblos que sólo tienen una talla de 1.38 (negros pigmeos de la tribu Akas, del País de los Monbutu (Africa Central) y en cambio, los escoceses de Galloway tienen 1.79. Los antropólogos han establecido cuatro categorías de estaturas: 1º *Pequeña,* menores de 1 m. 60; 2º *Talla inferior a la media,* de 1.60 a 1.64; 3º *Superior a la media,* de 1.65 a 1.69 y 4º *Elevada,* de 1.70 en adelante. La estatura es un carácter hereditario. Los pueblos que fueron pequeños han continuado siendo pequeños, por más que en algunos casos puedan señalarse influencias de otras estaturas que, sin embargo no llegan a alterar la media.

Entre los pueblos de pequeña estatura, pueden indicarse, además de los pigmeos de Akas ya citados, los negritos filipinos de 1 m. 46, los andamanes de 1 m. 48 y algunas de las tribus, próximas a desaparecer de Tierra del Fuego.

Las estaturas medias que hemos señalado, se refieren al sexo masculino. Tratándose de mujeres, hay que rebajar diez centímetros.



FIG. 256. — *ARQUEROS VEDDAHS (Islas Ceylan). — Pertenecen a uno de los pueblos más primitivos de la Tierra. Manejan el arco y la flecha con igual destreza con los pies que con las manos.*

CARACTERES ANATÓMICOS. — *Indice cefálico.* — El estudio del cráneo es una de las características más serias para la clasificación de las razas, pues, al decir de los antropólogos, la forma y las dimensiones de la cabeza es lo que más se hereda. El sabio sueco Retzius ideó, en 1845, una clasificación de los cráneos llamado *índice cefálico.* Este representa



Fig. 257. — *TIPOS INDIOS DE LA POBLACION DRAVIDA (India).*

una relación entre el largo y el ancho del cráneo por medio de dos diámetros, uno que va desde la parte más saliente de la frente al más prominente de la parte occipital y otro, que mide el mayor ancho del cráneo *(diámetros anteroposterior* y *transversal)*. Dividiendo, pues, el diámetro transversal por el anteroposterior, se obtiene el índice cefálico. Ej.: diámetro transversal: 176 milímetros; diámetro anteroposterior:

190 = 176/190 = 0.95. Cuanto más alargado es el cránco, menor es el valor numérico del índice. Los cráneos cortos y anchos se denominan *braquicéfalos* y los largos y estrechos *dolicocéfalos*. Los esquimales, los escandinavos, los papúas y casi todos los negros, son dolicocéfalos; los lapones, los bávaros, los armenios, etc., son braquicéfalos. Además los antropólogos distinguen una serie de divisiones: *hiperdolicocéfalos, subdolicocéfalos, mesocéfalos, sub-braquicéfalos* e *hiperbraquicéfalos*.

Indice facial y prognatismo. — El ángulo facial sirve para medir el grado de prominencia de la caja craneana. Este ángulo varía algo según el punto que se tome como vértice. Cuvier tomaba la extremidad de los incisivos; Cloquet, el punto alveolar; Jacquart, la espina nasal y Camper un punto imaginario fuera de la espina nasal. El de Topinard, comúnmente usado por los antropólogos franceses, se forma tirando una línea del punto alveolar al basión y otra al ofrio.

El ángulo facial varía de 75º a 82º en el hombre blanco y los inferiores a 70º entre los negros. En los animales el ángulo se cierra notablemente: gorila 31º, perro de Terranova 25º, jabalí 18.

Cuando el ángulo facial es de más de 70º se dice que una cabeza es *ortognata* y cuando es menor, *prognata*. La cara puede ser también muy ancha (mongoles) y en este caso se llama *eurignata*.

c) LA CAPACIDAD CRANEANA. — Para obtener la capacidad craneana hay que averiguar los centímetros cúbicos de agua, arena, etc., que contiene un cráneo después de haberle tapado los agujeros de que consta.

Ella corresponde, de un modo general, por lo menos, a la inteligencia de las razas. La de los blancos es, en efecto, de 1.400 a 1.500 centímetros cúbicos; la de los amarillos de 1.400 a 1.300, los negros siempre inferior a 1.400, habiendo hotentotes, australianos y polinesios con 1.200. Son *macrocéfalos*, según la clasificación de Broca, los que tienen más de 1950 centímetros cúbicos y *microcéfalos* los que no alcanzan a 1.150.

Las mujeres tienen una capacidad craneana siempre inferior a la de los hombres en todas las razas.

Ahora bien: siendo el peso específico del cerebro de 1.04, no hay más que multiplicar esta cifra por el volumen para obtener el peso total del cerebro. Por este procedimiento se ha podido averiguar cuánto pesaba el cerebro de algunos hombres célebres: el de Petrarca pesaba 1.666 gramos, el de Lord Byron 1.807, el de Cuvier 1.829 y el de Dante sólo 1.552.

Cabe decir aquí, que una gran capacidad craneana y un gran peso de cerebro no son, como se creyó en un instante, signo inequívoco de una inteligencia superior. Un gran cerebro mal alimentado de glóbulos rojos puede dar una inteligencia mediocre o escasa; un pequeño cerebro, bien nutrido, da una inteligencia superior.



FIG. 258. — *PUEBLO o KRAAL AFRICANO.* — *Viviendas hemisféricas, típicas de pueblos hotentotes y cafres.*

El peso del cerebro crece hasta los 40 años; queda estacionario hasta los 50 y declina rápidamente. La mujer, en la infancia tiene más peso cerebral que el hombre, pero de 12 a 14 años lo iguala.

Después, el peso de cerebro masculino es superior al de la mujer.

Otros caracteres diferenciales. — La forma de la nariz (*platirinos, leptorinos* y *mesorinos*, según sea ancha, estrecha o mediana), la colocación de las ventanas, la forma del caballete, etc.; ciertas deformaciones (como la *esteatopigia* de las mujeres bosquimana, cafres y somalís, en quienes se desarrolla sobre los glúteos un polizón de grasa en el cual pueden sentar cómodamente los hijos; el largo de las extremidades, y otros detalles más, sirven para la clasificación de las razas.

Distribución y características de las razas. — LA RAZA BLANCA. — Es la más numerosa y civilizada de todas las razas humanas. Vive en Europa, Africa del Norte hasta el Sudán, sudoeste y norte de Asia y en muchos puntos de América y de Australia. Tiene por características generales una capacidad craneana que oscila alrededor de unos 1.500 cent. cúb.; cabello abundante, sedoso, lacio u ondulado, de sección oval. El ángulo facial es de 80º; la nariz estrecha y prominente, labios finos, piel clara, ojos horizontales, negros, pardos o azules. Se divide, a su vez, en cuatro ramas: *aria, semítica, finesa* y *alófila.*

La rama aria, es la que ha adquirido un mayor grado de civilización, y se divide, a su vez, en dos variedades: dolicocéfala y braquicéfala. Son dolicocéfalos los *indúes* que habitan en la India y deben considerarse como tronco de la rama aria que emigró originariamente a Europa;

los *iranios* (persas y afghanes que quedaron retrasados en esa emigración; los *helenos* (romanos, etc.), que dieron base a los pueblos que actualmente habitan el Norte del Mar Mediterráneo, y los *germanos* (anglosajones y escandinavos) llamado también tipo cimbrio o rubio. En cambio, las tres primeras variedades, es decir, los indúes, los iranios y los helenos son morenos y de piel bronceada.

La variedad braquicéfala, [1] comprende los siguientes pueblos:

1º Los *celtas*, cuya llegada a Europa se remonta a la edad de la piedra pulimentada. Son sus más legítimos representantes actuales los auverneses, los habitantes de la Baja Bretaña y los alemanes meridionales, todos los cuales se singularizan por los cabellos castaño - claros o cenicientos, ojos castaños, piel clara y estatura regular.

2º Los *eslavos* (rusos, servios, polacos, checos) que se mezclan con los otros pueblos de Europa por medio de los alemanes del Sur.

La *rama semítica* [2] comprende los siguientes pueblos: *árabes, judíos, berberes, tuarengs, egipcios* y *abisinios.*

Los *árabes*, que ocupan Arabia, el Golfo Pérsico (en parte), se han mezclado con los pueblos de Palestina, de Siria, de Mesopotamia, de Persia, de la India y aún de Sumatra y de algunos otros de la Insulindia. Se les encuentra en Africa del norte, a los bordes del Mar Rojo y penetran en el Sudán, en Africa Central, así como en Tunecia y en Argelia.

Los pueblos de la rama finesa, son de los más antiguos de Europa, pero paulatinamente fueron empujados por otros pueblos al NO. de Rusia, donde están ahora circunscriptos. Los distingue una dolicocefalía pronunciada, ojos grises o verdes y cabellos rubios o rojizos; más o menos cruzados, se extienden hoy desde el Golfo de Botnia hasta el Río Yenisei. Son sus características: una talla inferior a la media, pero superior a la de los lapones, mesorinia, labios pequeños y orejas anchas.

La *Rama alófila* de la raza blanca, está compuesta por algunos pueblos dispersos, cuyos caracteres y afinidades es difícil indicar por ahora: *vascos* [3], que viven en el N. de España y SO. de Francia; *georgios* [4] y *circasianos* del Cáucaso; los *ainos* de Yeso y de las Kuriles y algunos núcleos étnicos de la India, de las Filipinas y de la Polinesia, cuyos

---

1. Según algunos autores, tuvo su origen en la meseta de Pamir.

2. En esta rama están incluídos los antiguos asirios, fenicios y cartagineses.

3. **Los vascos** o eúskaros, parecen ser descendientes de los antiguos iberos, por más de que no se pueda dar certeza a este respecto. Se funda esa opinión — dice Lefevre — en el hecho evidente de que los vascos están establecidos en regiones necesariamente ocupadas o por lo menos atravesadas por los iberos y celtíberos, relacionándose algunos nombres geográficos con palabras descifradas de medallas o inscripciones iberas. Pero la lectura de esos documentos es muy insegura y, los argumentos de ella deducidos no muy convincentes. Se ignora la lengua que hablaron los íberos y se ignora así mismo si los vascos les habían precedido [**69** p. 167].

4. **Los georgios y circasianos** viven en la región del Cáucaso y se distinguen por una talla elevada, dolicocefalía, cabellos y ojos negros u oscuros, nariz recta y fina, labios delgados, piel muy blanca y aspecto esbelto. Se les considera el tipo más perfecto de la raza blanca.

caracteres no se conocen, pero que parecen derivadas de emigraciones blancas.

RAZA AMARILLA. — Las características generales de esta raza son: cabello circular, lacio y grueso; sistema piloso escaso; barba rala; ángulo facial de 70 a 75; cara aurignata, nariz mesorina, cráneo braquicéfalo, zigomas prominentes, ojos pequeños y muy separados: capacidad craneana, alrededor de 1.400 centímetros cúbicos; piel amarilla: estatura mediana.

Comprende cuatro ramas, a saber: 1º Mongoles, turco - tártaros, indochinos, chinos y coreanos - japoneses. 2º Fineses e hiperbóreos. 3º Indonesios, malayos y polinesios. 4º Americanos.

RAZA NEGRA. — Los caracteres generales de este grupo son: piel más o menos negra, pelo en vellón o mota, barba y vello escaso, ángulo facial de 65 a 70, capacidad craneana 1.370 cent. cúbicos, nariz platirina, labios gruesos, brazos largos, pantorrillas delgadas; poca inteligencia.

El grupo negro se divide en dos ramas: la *rama occidental,* que comprende todos los pueblos de Africa al sur del Sahara y parte de Madagascar, es decir, a los sudaneses, bantus, hotentotes, cafres, etc. y la *rama oriental,* que comprende los pueblos de Malaca, islas Andaman, parte de la Insulindia, parte de las Filipinas y Australia. Los pueblos pertenecientes a esta rama tienen caracteres bastante diferentes de los negros africanos y suelen ser muy distintos entre ellos.

Los *melanesios* son pueblos bien característicos de esta rama.

En una parte de Oceanía, viven los melanesios, enemigos de los polinesios que son de raza superior y más civilizados. Son ellos, como los australianos y los habitantes de las islas Fitjí, los más salvajes de la tierra.

El cráneo de los melanesios es estrecho; la cara muy larga; la nariz recta, larga y remangada; pómulos salientes; color muy obscuro, pelo crespo, estatura elevada (1.80).

Las lenguas. — Se llama lenguaje, a cualquier medio que se emplee para expresar las ideas y sentimientos. Hay tres clases de lenguaje: el hablado, el escrito y el mímico. El mímico o mudo, es una conversación por medio de gestos, tal como hacen los sordo - mudos para dar a conocer su pensamiento. El escrito es la expresión de los sonidos o de las ideas por medio de signos convencionales, que se trazan en diversas formas y por distintos medios, y el hablado es la formación de cláusulas por sonidos conexionados entre sí. (J. Taylor).

Aún los pueblos más rudimentarios y salvajes, tienen un lenguaje. Así, por ejemplo, refiriendo James su expedición a las montañas Rocallosas y hablando de los indios de esa región, dice: «Aunque esos pueblos se hallan en continuas relaciones, cada uno, sin embargo, ignoran

por completo la lengua de los demás; de manera que no es raro ver a dos individuos de tribus diferentes sentados en el suelo y conversando con la mayor facilidad por medio de señas». (J. Lubbock).

Como con el transcurso de las edades aumenta el caudal de los conocimientos humanos y la civilización se hace más compleja, el lenguaje tiene que desenvolverse paralelamente con ellos. Pocas y sencillas expresiones, bastaban al hombre para comunicarse en su primitiva ruda condición, pero ahora ha habido que añadir vocablo tras vocablo representativos de las nuevas nociones y de los nuevos utensilios, artes oficios y relaciones de una sociedad más elevadamente organizada. La gramática griega y latina muestran suficientemente lo que puede ser el complicado e ingenioso aparato de una lengua. (Idem).

Aún cuando el procedimiento empleado para comunicarse pueda ser el mismo, no todos los hombres hablan de igual modo: un español y un francés emplean el lenguaje articulado, pero los signos articulados o palabras son distintos. El sistema, pues, de signos o vocablos empleados para expresarse se llama *idioma* o lengua. Un idioma hablado con ciertas modificaciones habituales entre gentes de una zona o país, se llama *dialecto*: el gallego es un dialecto del español, por ejemplo. A veces, lo que llamamos lengua es sencillamente un dialecto — dice Camena d'Almeida — dialecto al cual han dado una gran extensión los destinos políticos del pueblo que lo habla. El francés es un patuá o dialecto de lengua de - oil, el de la Ile de France y como de la Ile de France partió la unificación nacional francesa, el patuá de esa provincia se hizo nacional. Así mismo, lo llamamos español, es el dialecto castellano porque Castilla obró en su provecho, la unificación de España.

Se han contado 860 lenguas y 5.000 dialectos en el mundo entero y a pesar de este gran número, la ciencia ha podido hacer una clasificación de todas ellas, de un modo muy interesante. Pero antes de pasar a estudiarla vamos a ver:

Cómo se formó el primer lenguaje. — La imitación del grito de los animales y de los ruidos de la naturaleza, ha sido considerado como origen de las raíces de la mayor parte de los sustantivos y de los verbos. Así el niño que no sabe hablar, llama *miau* al gato y *guau - guau* al perro, porque no hace sino reproducir el ruido que esos animales producen. De ahí el nombre de *onomatopeya* que se ha dado a esta clase de lenguaje, es decir «que hacen o crean los hombres». (A. Lefevre).

Los hombres primitivos, verdaderos niños por el grado de su desenvolvimiento mental, procedieron de igual modo: del grito instintivo, expresión de la sorpresa, de la alegría o del dolor, pasaron a la imitación de los sonidos, articulando algunos vocablos, ya duplicando, entonando o prolongando el sonido. «Después interviene la razón que, apartando la mayoría de esas incómodas riquezas, adapta un número mayor o menor de sonidos, reducidos ya a un sentido vago y genérico; luego por derivación, subfijación y composición, hace fluir de esas subraíces palabras que tienen entre sí todos los grados de parentesco que

la gramática va a distribuir en categorías conocidas con el nombre de partes de la oración».

Clasificación de las lenguas. — La evolución de las lenguas parece concorde con la evolución mental e histórica de los pueblos y por eso la geografía la estudia con particular interés. Las lenguas habladas en el mundo pueden reducirse sólo a cuatro grupos: monosilábicas, aglutinantes, polisintéticas y de flexión. En el orden que han sido enumeradas, constituyen un cuadro de la evolución que va a estudiarse.

LENGUAS MONOSILÁBICAS. — Como su nombre lo indica, son aquellas que sólo se valen de monosílabos para la expresión de las ideas. Representan el estado siguiente a la expresión onomatopéyica y, por lo tanto, el grado inferior de la evolución del verdadero lenguaje. Tipo característico de esta manera de hablar es el Chino. Consta de 450 vocablos que empiezan por una consonante y terminan por una vocal, pero sin variaciones de ninguna clase. Por sí sola una sílaba no tiene género ni número. No representa tampoco en la frase ni sustantivo, ni verbo, ni adjetivo. Su oficio se distingue por su posición en la frase o por la unión con un sinónimo. Así, la forma *tao,* puede significar *asombrar, bandera, cubrir, llevar* y *camino* y la forma *lu, piedra preciosa, vehículo, rocío, camino.* Pues, cuando se juntan *tao* y *lu* sólo pueden indicar camino. *Ta* implica idea de grandeza, puede ser adjetivo o adverbio delante de una palabra y verbo o sustantivo detrás: *ta jin,* gran hombre; *jin ta,* el hombre crece o el hombre grande. Si el sujeto precede al verbo *ngo ta ni,* yo te pego; *ni ta ngo,* tú me pegas. [*82*, p. 43].

Las voces secundarias que sirven para especificar o certificar el verdadero significado de un vocablo y que poco a poco han ido quedando para auxiliares, se llaman voces *vacías* y las radicales *llenas* [1].

La escritura está de acuerdo con este grado de evolución. El chino escribe aún con jeroglíficos, más o menos modificados, vale decir, que representa ideas y no sonidos. Es, pues, una escritura ideológica, mientras que la de los idiomas muy evolucionados es fonética.

LENGUAS AGLUTINANTES. — En las lenguas monosilábicas sólo hay en los vocablos un radical inalterable al cual es preciso agregar otros para especificar su verdadero valor. Cuando las lenguas han realizado un progreso mayor adquieren la aglutinación, que consiste en agregar al radical inalterable afijos y subfijos con los cuales se expresan ideas de género, número, etc. Así, por ejemplo, «en el orden aglutinante, la sílaba que desempeña el papel de raíz llena, principal o central, es la única inmutable; las accesorias, que refuerzan o matizan la significación de la llena, son alterables en su forma y en su sonido, tanto como en su sentido inicial... Resulta, pues, que monosilabismo y aglutina-

1. "¿Qué es gramática?, pregunta un maestro chino a sus discípulos. — Un arte muy útil que nos enseña a distinguir las palabras llenas de las vacías. [**82**, p. 44].

ción tienen de común la inmutabilidad de la sílaba o raíz llena o la alteración del sentido de la accesoria o vacía. [*82*, p. 85]. *Bantu,* en el idioma cafre quiere decir *hombre;* anteponiéndole la partícula *a,* quiere decir *hombres,* en plural. «En turco *ler* significa pluralidad: *ev* casa; *ev - ler,* casas. De *ev,* casa, se forma *ev - dem* (de una casa) *ev - un - dem* (de mi casa) *ev - ler - un - dem* (de mis casas). En turco, de *dogd,* golpear se forma *dogd - un,* golpes; *dogd - i,* golpeó; *dogd - i - ler,* golpearon». [*A. Benedetti,* «Geog. Política, p. 59].

Hablan idiomas aglutinantes muchos pueblos africanos, de América y de Oceanía. El japonés, el coreano, el vasco y el turco son idiomas aglutinantes.

LENGUAS POLISINTÉTICAS. — Las lenguas polisintéticas son consideradas por algunos autores como una forma de la aglutinación. Tienen la propiedad de suprimir sílabas entre el radical y los afijos y subfijos, para formar una palabra que sea la síntesis de muchas ideas. En los manuales se repite, por su claridad, algunos ejemplos extraídos del idioma vasco. Careciendo este idioma, pongamos por caso, una palabra equivalente a la española trueno, juntan, suprimiéndole letras, *ortz,* que quiere decir «nube» y *asanz* que quiere decir «ruído». Resulta así *ortanz,* (trueno). En el mismo idioma *sagarno* significa «sidra» *por* sagar-arno (manzana - vino). En los idiomas americanos, hay, también hermosos ejemplos de lenguas polisintéticas: todos recuerdan el nombre de aquel volcán cercano de la ciudad de México. Los indígenas carecen de un vocablo que indique lo que nuestra palabra volcán; de ahí, la palabra *Popocatepelt* que quiere decir «la montaña que echa humo».

LENGUAS DE FLEXIÓN. — El grado superior de la evolución de las lenguas, está representado por la flexión. Esta consiste en la posible alteración del radical y de las sílabas subfijas. No es que la raíz tenga que modificarse ineludiblemente, pues muchas veces se le ve actuar íntegramente, pero sí puede ser susceptible de modificación. La riqueza de las relaciones que de este modo tienen entre sí las palabras, es realmente grande y las derivaciones que se pueden formar, dan tal carácter a las palabras que adquieren una fuerza expresiva muy grande apesar de su simplificación. De esta suerte, del latín *ame* (radical) y los afijos *mi* (yo), *si* (tú), *ti* (él), se han formado las voces *amen, ames, amet,* contracciones de *amemi, amesi, ameti.*

El castellano, en la primera y tercera persona ha suprimido la *m* y la *t.*

Véase, en efecto, cómo en el castellano, una simple modificación en la terminación del radical, indica género, número, persona, modo del verbo, etc.: *amó, amas, amamos, amaban, amarán.* Son idiomas de flexión, el latín, el español, el italiano, el francés, el sanscrito, el holandés, el inglés, el hebreo, el árabe, etc.

Las religiones. — Venga la palabra religión de *religare* (atar) como si la religión fuera el lazo que une la divinidad con el hombre; venga de *relegere* (cuidado extremoso, opuesto a *neglegere* descuido o negligencia con lo cual querríamos significar que es la fácil y estricta observancia de los ritos), el caso es que cualquiera que sea el vocabulario filosófico con que hayan pretendido explicarla desde Kant a Max Müller y desde Guyau a Salomón Reinach parece haber una relación estrecha entre su forma y el grado de inteligencia del pueblo que la profesa.

En este sentido, pues, que es el sentido que interesa a la Geografía por la influencia que las prácticas religiosas hayan tenido en las costumbres de los pueblos, vamos a trazar, a grandes rasgos, el cuadro de la evolución religiosa, comenzando, como es natural, por los conceptos más elementales.

Claro está que las inteligencias primitivas, aquellas que podríamos llamar embrionarias, no tuvieron un concepto claro de la divinidad, de la divinidad teológica, por lo menos. Cuando mucho, la práctica de la vida diaria, la necesidad de proporcionarse alimentos, les enseñó que se producían acontecimientos que su voluntad no podía dominar, que unas veces eran propicios y otras adversos a sus empresas de caza y de pesca. El salvaje de las selvas ecuatoriales de Africa, saliendo de su choza para proporcionarse alimento, puede encontrar sin fatigas paso por los ríos que están en su ruta, un sol radiante que ilumina las tinieblas de los lugares más profundos de la selva virgen y, por lo tanto, fácil obtención de las piezas de caza. Regresa, pues, al punto de partida con la satisfacción de un deseo cumplido. Pero, otras veces, el mismo salvaje, quiere repetir esa excursión y la lluvia inesperada dificulta su camino; los ríos salidos de madre no dan vado; la oscuridad reinante en la selva es completa: entonces la caza es pobre o nula. En estas circunstancias, por poca que sea su inteligencia, llega a apreciar la existencia de acontecimientos superiores a su voluntad y a su fuerza que unas veces son propicios y otras contrarios a sus deseos. Y como estos acontecimientos parecen tener una relación con el Sol, la Luna y las nubes que están en el cielo, llega a atribuirles beneficios y desgracias. El Sol y la Luna que iluminan su camino, están poseídos de buenos deseos; las nubes, que provocan la lluvia y arrojan el rayo que destruye la choza y derriba el árbol, son gérmenes de desgracia. De ahí a creer que los astros tienen también un espíritu y un espíritu de fuerza superior al del hombre, no hay más que un paso. El salvaje adora los astros, teme a las nubes y al rayo y esta adoración y este temor son ya el principio de su discernimiento del bien y del mal.

Más tarde, en los hechos vulgares de la tierra, ese bien y ese mal reaparecen en todos los detalles: la rama del árbol que hiere al salvaje, está poseída del espíritu maléfico; aquel grupo de árboles que detiene la furia del vendaval, está poseído del espíritu del bien. Todos los objetos tienen un ser, y las cosas materiales e inanimadas están dotadas de vida.

La concepción de la divinidad ha pasado así del naturismo al *animismo.*

Todos llevamos aún dentro nuestro algo de animistas. Cuando Lamartine, dirigiéndose al lago de Bourget le dice

¡Oh lago! Mira, vengo solo a sentarme en estas piedras

ha atribuído al lago la facultad de ver y escucharlo: lo ha animado, le ha dado vida.

Entre ciertas tribus polinesias, se da el nombre de *tabú,* a la prohibición no razonada de usar de ciertos objetos o zonas del territorio. En una palabra: el *tabú* es aquello que debe estar sustraído del uso común. Quien toca al *tabú* no sufre la pena civil, sino que está condenado a la desgracia y a la muerte. El animismo y el *tabú,* son para Salomón Reynach, los factores esenciales de la religión.

Cuando el Eterno dirigiéndose a Adán y Eva, les prohibe tomar del fruto del bien y del mal, declara a ese fruto *tabú.*

El fetichismo. — Consiste esta religión en la creencia que tiene el salvaje de que los espíritus que vagan por la tierra, pueden habitar, voluntariamente en objetos determinados: un pedazo de hierro, una piedra, una cinta. El dueño de estos objetos, tiene, por lo tanto, en su poder al espíritu que habita en el objeto mismo. Lubboch dice que el fetichismo es una anti - religión, puesto que el negro cree que mediante el fetiche, puede dominar a su divinidad y contrarrestarla. En sustancia, agrega, el fetichismo es magia pura. Los magos de todo el mundo, piensan que obteniendo algo de su enemigo, puede lograrse cierto poder sobre él. De este modo, un hombre que tortura a una imagen tortura también al original. En tiempos de Catalina de Médicis, era común sacar en cera la imagen de los enemigos, a fin de atormentarlos, quemando la figura a fuego lento y acribillándola con agujas. En la India — escribe Dubois — modelan figurillas de barro, en cuyo pecho escriben el nombre de la persona que quieren torturar. Atraviesan la imagen con espinas y las mutilan, con la intención de trasmitir aquellos tormentos a la persona representada.

Sabido es — dice Lubboch — que el negro pega al fetiche, si sus oraciones no son atendidas y piensan seriamente en infringir así un sufrimiento a su Dios.

El diteismo. — A los dioses del cielo, pues, se unieron los dioses de la tierra y así nació el politeismo griego y romano. Pero en todo el conjunto de estos dioses, se afirmó bien pronto la idea ya esbozada en las prácticas animistas y fetichistas, de que unos hacían el bien y otros el mal. Así nacieron las religiones deistas, cuyo representante más genuino es el mazdeismo, o religión de Zoroastro, practicada en la vieja Persia y relegada hoy a unos cuantos prosélitos que viven en los oasis del Irán y los parsis o adoradores del fuego de la India.

Los libros sagrados del Zend - Avesta dan los fundamentos de esta religión.

Ormuz, dios del bien, es el creador de la luz, de la pureza y del placer.

Ariman, dios del mal, es, a su vez, el creador de las tinieblas, del dolor, de la impureza y de la maldad.

Ormuz no tiene representación material. La materia de por sí y sólo por serlo, lleva el gérmen de la impureza. El único modo de representarlo, es la llama, que purifica cuanto toca. La llama sagrada de Ormuz debe arder perennemente. En un aosis del Centro de Persia, los adoradores del fuego, mantienen, con la vigilancia de un coro de vestales, el fuego sagrado. El día que éste llegare a apagarse, sobrevendría el fin de la Tierra.

Tampoco tiene Ormuz templos consagrados a su divinidad. Sería sacrilegio enorme, querer encerrar su grandeza infinita, en el límite de cuatro paredes.

Son discípulos de Ariman, todos cuantos dejan incultas las tierras, los que no oran, los que no se hacen diarias abluciones.

La lucha entre Ormuz y Ariman ha de durar cuanto el mundo — dicen los libros sagrados, — pero al fin de esta lucha milenaria, el triunfo será de Ormuz y el reinado será de los cielos.

Este triunfo de Ormuz, ¿no es, acaso, un paso hacia el monoteismo? En el orden histórico de las religiones, encontramos, en efecto, la comprobación de ésto. El monoteismo brahamánico, envuelve también un fuerte concepto deista.

Monoteismo. — EL BRAHAMANISMO. — La doctrina del Brahamanismo está contenida en los Vedas.

Brahama, en la concepción abstracta, es el principio, el autor y espíritu de todas las cosas, y lo único que se mantiene a la par en la materia y en la inteligencia.

De él procede el Brahama masculino que con Vichnú y Siva constituyen la trinidad brahamánica. El Brahama masculino es el ser supremo, el creador del mundo. Vichnú es el constructor y Siva el destructor. Brahama es el que hizo conocer a los hombres el código de Manú, por el cual deben guiarse en la vida. Se le representa sobre un cisne con cuatro cabezas, cada una de las cuales mira a un punto del horizonte. La leyenda dice que tuvo cinco, pero una la perdió en una lucha entre Vichnú y Siva.

Digno de hacerse notar es el hecho de que los hombres no fueron creados iguales ni del mismo modo. Los brahamanes o sacerdotes salieron de su boca; los chatrias (guerreros) de los brazos; los vaisyas (labradores y comerciantes) de las caderas y los sudras, de sus pies, casta miserable cuyo destino es obedecer a las otras tres y ser mandadas por ellas. De ahí la subdivisión en castas, la última de las cuales, la de los parias, casi no son considerados hombres. Son curiosas las costumbres

de los brahamanes. La primera ceremonia que se efectúa con los que nacen es la tonsura que se verifica antes de que el individuo haya cumplido tres años, rapándole la cabeza a excepción de la coronilla, donde se le deja un mechón de cabellos. A partir de los 5 a 7 años, el brahaman comienza el estudio de los libros sagrados, estudios que termina recién a los 36 años o aún más, pues es condición que sepa de memoria los Vedas y cuanto se refiera a la religión. Cuando el brahaman llega a la vejez, debe abandonar la vida común dirigiéndose a un bosque para hacer vida de asceta.

El brahaman puede ganarse la vida en cualquier oficio, pero es preferible que se dedique a la mendicidad. Los libros sagrados de los brahamanes son los Vedas, y las grandes epopeyas, el Mabarata, el Ramayana y los Puranas.

El punto más trascendental de esta religión es la creencia en la transmigración o *metensipsicosis*, vale decir, que el alma humana después de separarse del cuerpo, vuelve a reanimar los seres que pueblan la tierra, pasando a un ser superior.

EL BUDISMO. — Aquella odiosa clasificación de los hombres, trajo una consecuencia inmediata: los oprimidos, los excomulgados, los parias, elevaron sus protestas. Sakia Muni, enarbola la bandera de la igualdad. «Todos los hombres son iguales», exclama y en torno suyo se alistan los sudras, los parias, los vaisyas y todos los desheredados. La lucha se entabla, enérgica, duramente. Los brahamanes y los chiatras organizan sus huestes y como más poderosos que son, triunfan al fin. Los Budistas se ven obligados a salir de la India. Van a la China, a la Indochina, al Japón, donde hacen prosélitos.

La base de esta religión está contenida en cuatro verdades: El dolor, la causa del dolor, la salud y los medios de alcanzar la salud.

1ª El dolor es inseparable de la existencia.

2ª «Todos los modos de la existencia son el resultado de las pasiones y de los deseos».

3ª Ninguno puede sustraerse de la existencia, es decir, del dolor.

4ª Para atender al fin del deseo, para alcanzar el Nirvana, es necesario seguir el camino que solo conduce a él.

Este camino está trazado por los siguientes principios: Tener el corazón lleno de fe. Libertarse de deseos impuros y de sentimientos bastardos. Tener el alma virgen de malos deseos, de ignorancia, de duda, de herejía, de maldad, de envidia. Practicar la caridad; pero la caridad ilimitada; no dar lo superfluo, sino privarse de lo necesario, del pedazo de pan que ha de colmar el hambre, del vestido que ha de cubrir la desnudez de las carnes.

Los diez mandamientos de Buda son los siguientes:

Para todos. — 1º No matar; 2º No robar; 3º No cometer adulterio; 4º No mentir; 5º No embriagarse.

Para los religiosos. — Abstenerse de los placeres de una gran mesa; de danzas y espectáculos; de perfumes y afeites; de lujos, muebles, y de recibir oro o plata.

El carácter general de esta religión es el mutismo, la mortificación como única senda para llegar al Nirvana. El hombre que cumple con sus deberes, el que domina todos sus deseos, pasará a un paraíso y se transformará en Budhisatava hasta alcanzar la perfección: el Nirvana. El que procede mal irá a los infiernos para iniciar las encarnaciones que lo transforman en bestia, demonio, animal y luego en hombre.

EL JUDAISMO O MOSAISMO. — Los hebreos fueron los que dieron a los pueblos occidentales la noción del Dios único (monoteismo) sin que se le tuviera que representar por imágenes. Jehová creador del cielo y de la Tierra, domina su obra como soberano. La Biblia, libro sagrado, que cuenta la historia de los hebreos y afirma la creación, su primera parte, llamada *Antiguo Testamento,* contiene la literatura hebraica y se divide en tres partes: la *Ley,* los *Profetas* y los *Hagiógrafos.* La Ley es, a la vez historia, poema, cántico y código religioso. Este establece diez mandamientos de Dios: 1º No tendrás otros dioses en mi presencia; No harás imágenes talladas de las cosas que hay en el cielo ni de las que hay en la Tierra, ni de las que viven en las aguas más bajas que la Tierra. 2º No te prosternarás ante ellas, ni las servirás, porque soy el Eterno Dios tuyo, un Dios fuerte y celoso que castiga los crímenes de los padres en los hijos hasta la tercera y cuarta generación de los que me odian y que perdona hasta la milésima a los que me aman y obedecen mis mandatos; 3º No tomarás el nombre de Jehová tu Dios en vano; 4º Acuérdate del día sábado para santificarlo. Seis días trabajarás y harás toda tu obra, más el séptimo día será sábado, el día del Eterno, tu Dios; 5º Honra a tu padre y a tu madre; 6º No matarás; 7º No cometerás adulterio; 8º No robarás; 9º No levantarás falso testimonio; 10º No ambicionarás la casa de tu prójimo; ni su mujer, ni su servidor, ni su criada, ni su buey, ni su asno, ni ninguna cosa que sea de tu prójimo».

Dios creó el mundo en seis días y luego el primer hombre, Adán, del cual hizo a la primera mujer, Eva, colocando a ambos en un lugar de placeres, el Paraíso. Prometieron al Dios no tomar del fruto del bien y del mal, pero no habiendo cumplido su promesa, fueron arrojados al mundo y condenados ellos y sus descendientes al trabajo, al dolor y a la muerte. Cabe, sin embargo, a los judíos una esperanza: la llegada de un redentor o un mesías que anuncie al mundo el perdón del pecado original, pero ese mesías aún no ha llegado.

EL CRISTIANISMO. — En el año 749 de Roma, nació en Belén Jesús que para algunos fué el prometido mesías. Dos ideas fundamentales dominan en sus predicaciones: el Dios vengativo de los judios, se sus-

tituye con un Dios todo bondad, misericordia y perdón, y proclama la igualdad, al nacer, de todos los hombres. Predica, además, la caridad, la humildad y la devolución del bien por el mal. Para gran parte de los judíos Jesús no era sino un impostor y detenido en Galilea tuvo que presentarse ante un tribunal romano, el cual lo condenó a muerte, siendo crucificado en el Monte Gólgota. La doctrina de Jesús está comprendida en cuatro evangelios. El más antiguo de todos, el de San Marcos, fué redactado por un discípulo del apóstol Pedro, 70 años después de muerto Jesús. Según se afirma, sólo los evangelistas Mateo y Juan escucharon a Cristo, pero su doctrina se extendió por todo el mundo. Los que las daban a conocer fueron perseguidos por las autoridades romanas y por el pueblo descreído de la nueva fe. Nerón, emperador romano, mandó prender fuego a Roma para darse el placer de un gran espectáculo y acusó de ello a los cristianos. Las persecuciones fueron entonces cuantiosas y crueles, pero la doctrina supervivía a todas las tempestades de aquel medio hostil.

En el Siglo IX, se fundó definitivamente el Papado. En el Siglo XI, se separó la Iglesia de Oriente de la Romana. Ella no concedía valor sino a los siete primeros concilios ecuménicos. La Iglesia Católica Romana tiene por jefe supremo al Papa, cuyo juicio es infalible en las cosas del dogma. Esta infalibilidad papal y otros detalles, determinaron en el Siglo XVI, un movimiento separatista llamado la *Reforma*. Desde el Siglo XII los creyentes de fe tenían quejas de la comportación del clero, cuyos prelados, monjes y sacerdotes parecían corrompidos por el lujo, la riqueza, el desorden moral y la ignorancia. León X necesitaba dinero para concluir la Iglesia de San Pedro y envió a Alemania y otros países a ciertos sacerdotes para otorgar indulgencias a los fieles dadivosos. Un noble de Berna compró indulgencias para sí y su servidumbre a cambio de un caballo y la ciudad de Aarburg, para todos sus hijos, vivos y muertos. Martín Lutero, doctor en Teología de la Universidad de Wittemberg, calificó estas ventas de contrarias a las Escrituras, pero el Papa sostuvo a sus representantes. Entonces se originó una discusión teológica en *latín* hasta que *Lutero*, cansado de argumentar, llamó a los laicos alemanes en *alemán* y el rompimiento se produjo, por más que al principio sólo quería obtener la reunión de un concilio que pusiera término a los abusos de los sacerdotes y resolviera ciertos puntos no muy claros del dogma. Mientras el concilio no se reunía, cada estado resolvía estos puntos a su antojo. Los *católicos* (es decir, los universales, los que permanecían fieles a las viejas prácticas) formaban mayoría en el *Reichstag* y así fué que en 1529 declararon que todos los Príncipes que hasta entonces no habían aceptado la Reforma, debían seguir en la vieja fe, impidiendo toda propaganda en contra hasta la reunión del nuevo concilio. Los príncipes que seguían ya la reforma protestaron contra esta resolución y de ahí el nombre de *protestantes*.

Los protestantes se dividieron bien pronto en numerosas sectas: luteranos, anglicanos, calvinistas, etc. etc. El *luteranismo* es la forma

adoptada por los estados alemanes del Norte, Suecia, Noruega y Dinamarca y según su doctrina el creyente no puede conseguir su salvación más que de Dios y no debe pedirla ni a la Iglesia ni a la mediación de la Virgen ni de los Santos; rechaza las indulgencias y las prácticas devotas. La palabra de Dios está en la Biblia y la Iglesia no tiene autoridad para modificarla. Conserva el altar, pero no admite velas, incienso ni adornos. El *anglicanismo* es la forma adoptada por el gobierno inglés. Difiere del Luteranismo en el modo de explicar la Cena. Los obispos no obedecen al Papa pero sí al Rey de Inglaterra. Conserva parte de la liturgia católica pero traducida al inglés. El *calvinismo*, originario de Ginebra, es la forma que más se diferencia del catolicismo. Cuanto ocurre, según ella, es por voluntad de Dios, quien determina la suerte de los hombres antes de su nacimiento *(predestinación)*. El podrá condenar a todos los hombres, porque no hay ninguno que no esté corrompido por el pecado. Sólo conserva el bautismo y la comunión. No admite ni el signo de la cruz, ni el ayuno, ni la confesión y sus templos, desprovistos de altares e imágenes, sólo sirven para reunirse y leer la Biblia.

EL ISLAMISMO O RELIGIÓN DE MAHOMA. — La religión de los romanos se había detenido ante los arenales de Arabia. Los numerosos pueblos que habitaban sus oasis o hacían correrías de un lado para otro según las costumbres nómades, siguieron profesando sus creencias bárbaras. Apesar de vivir en continuas guerras, todas las tribus se consideraban pertenecientes al pueblo semítico, de la cual formaban también parte los hebreos. *Alá* era su dios supremo y creador, pero principalmente adoraban a espíritus invisibles y de esta suerte cada tribu tenía su dios particular, al cual adoraba en forma de objetos materiales. Esto no obstante, la Meca encerraba el santuario común a todas las tribus y así la piedra *Kaaba* representaba un símbolo de unidad.

Alrededor del año 570, nació, en la tribu sagrada de los koreischitas, dueños de la Meca y guardianes de la Kaaba, el profeta Mahoma. Hombre enfermo y poco resuelto, vivió en la oscuridad hasta los cuarenta años. Debido a no seguir la práctica de los que adoraban a los espíritus, se le tuvo por hombre extraño, por lo cual se retiró a vivir en la soledad, a una legua de la Meca. Según cuenta la leyenda árabe, en 611, se le apareció el ángel Gabriel y le dijo: — «Predica». — A lo que respondió Mahoma que nada sabía. Volvió a dar la orden el ángel y desde ese momento Mahoma comenzó sus predicaciones, creyéndose el indicado por Dios para trazar las normas religiosas de sus coterráneos y establecer la moral que debía guiar sus pasos por la vida. Su mujer y sus hijos y más tarde sus amigos, fueron los primeros convertidos; pero los jefes de la tribu lo persiguieron, obligándole a huir *(la hégira)* y a establecerse en Medina donde fué reconocido como profeta, imponiendo por las armas a todos los árabes, su religión. No se consideraba divino y, por lo tanto no hacía milagros. Era sólo un hombre

inspirado por Dios, en cuyo nombre hablaba, Mahoma no sabía escribir. Sus admiradores escribían sus discursos en piedras o en hojas de palma y así, la colección de esos discursos o fragmentos de discursos, constituyen el libro sagrado de los mahometanos, llamado *El Korán*. Este forma una colección de máximas morales, historias, preceptos religiosos, leyes civiles y hasta recetas de orden práctico - doméstico, todo en confusión y sin orden preconcebido. Este impone a sus fieles la obligación de orar cinco veces al día a horas determinadas, para lo cual el *muezzin* anuncia el momento desde la mezquita. Toda oración deberá ser precedida por una ablución y a falta de agua el mahometano puede hacerlo con arena, previsión ésta que contempla la situación del religioso que atraviesa el desierto. Debe ayunar durante un mes (el Ramadán) no comiendo sino de noche. Ha de dar la décima parte de su fortuna como limosna y a no tener obstáculos importantes, realizar por lo menos una peregrinación a la Meca. La moral de esta religión está expresada en varios preceptos, como ser: no cometer acción ruín alguna; no beber vino; no prestar a elevado interés, y aceptar sin quejarse la voluntad de Alá. Toda la doctrina está contenida en esta frase: «No hay más Dios que Dios y Mahoma es su profeta». Se le ha criticado el fatalismo de sus preceptos, la vida contemplativa a que incita por su eterna esperanza en la voluntad divina y, por sobre todo, el odio que predica a los no creyentes, a los cuales se les puede dar muerte en nombre de la religión. Los mahometanos se llaman también musulmanes, es decir, los resignados.

La civilización. — No hay pueblos incivilizados; hay pueblos más o menos civilizados. Los más salvajes tienen un principio de civilización y aun mismo aquellos como los europeos, que nos parecen haber alcanzado la cúspide de la perfección humana dentro de la vida social, tuvieron también su punto de partida análoga a los del actual salvaje australiano o polinesio. La civilización es la suma de las conquistas espirituales y materiales alcanzadas por un pueblo y ella se manifiesta por la manera de vivir. El medio donde el pueblo vive la amengua o la acrecienta, pero de ningún modo sólo él es capaz de infiltrarle la fuerza espiritual que constituye la esencia civilizadora y que impulsa principalmente la experiencia de los pueblos antecesores.

La historia del desenvolvimiento social, confirma todo esto. El hombre es sociable por naturaleza. La vida contemporánea no señala la existencia de individuos aislados, sino formando siempre núcleos más o menos civilizados. Esta tendencia a agruparse se destaca desde los tiempos más remotos. Desde un principio, el hombre primitivo, aquel que buscaba refugio en las cavernas disputándoselas al oso tuvo necesidad de la ayuda de los otros hombres para ahuyentar a las fieras de la guarida. Los miembros de la familia sintieron así el doble vínculo de la naturaleza y de la cooperación mutua en la lucha por la vida. Las familias que buscaban la subsistencia en la pesca y en la caza, reconocieron bien

pronto en el padre la destreza para obtener los mejores sitios. La horda primitiva, se organiza así en familia y la reunión de varias familias para realizar una empresa de mayores alientos se convierte, a la vez en la *tribu.* La tribu reconoce también un jefe supremo que ya no es el padre, sino el más valiente, el más diestro, el que mejor sabe conducirla a la lucha. La abundancia o la escasez de subsistencias hace estallar rivalidades. Esta tribu disputa a la otra la mejor posesión del terreno productivo y al fin estalla la guerra; cada uno tiende a sorprender al enemigo con procedimientos desconocidos y perfeccionamientos de las armas. Cuando el combate se traba, quedan en el lugar de la acción cadáveres, armas y utensilios. Hay, pues, un intercambio de ideas y de procedimientos que la guerra establece y que sirve para el perfeccionamiento respectivo de ideas no bien elaboradas. La guerra resulta así, en los pueblos primitivos, un vehículo de civilización.

La pesca y la caza. — Son las ocupaciones más embrionarias, por así decirlo. Ellas imponen al hombre que las practica como medio de subsistencia, una vida esencialmente movediza. Los pueblos pescadores y cazadores son, pues, verdaderos nómades, cuya inteligencia sólo está destinada a buscar el mejor lugar para obtener alimentos. Nuestros charrúas, los australianos, los últimos fueguinos, los bosquimanos y muchos pueblos de Africa y de Oceanía, están en este período de civilización.

La ganadería extensiva. — Cuando el hombre nómade adquiere noción viva de la propiedad, procura reservar elementos de subsistencia para las épocas de escasez. Los animales se reservan así para los momentos malos y esta reserva constituye poco a poco núcleos importantes, germen de una verdadera ganadería. El cuidado de este ganado, el ingenio necesario para alimentarlo, despierta en el hombre primitivo un grado de inteligencia todavía no alcanzado. La vida de los habitantes nómades de las estepas rusas persiguiendo la mancha de pasto para alimentar el ganado de lana, es un ejemplo muy claro del despertar de la inteligencia humana. Muchos pueblos africanos y asiáticos están en este período. Son ganaderos nómades, pero tienen una marcada tendencia a la estabilidad allí donde la naturaleza le es propicia. En los pueblos ganaderos más adelantados, el ganado mismo les proporciona elementos con los cuales pueden darse una vida de mayor comodidad: abrigos, alimentos, tapicerías, arreos, canoas, etc.

La agricultura. — La agricultura, cuando aparece, traduce ya un grado de mayor cultura y civilización.

El sólo hecho de hacer plantaciones indica estabilidad, trabajo organizado e ideas de previsión. El sistema de plantaciones y los esfuerzos para hacerlo eficaz se trasmite de generación en generación. Es entonces cuando la idea de propiedad responde por primera vez a un sentido de organización colectiva y las formas de gobierno se adaptan a ella.

El esfuerzo del agricultor depende de las condiciones de producción de la tierra y a su vez ésta se halla ligada íntimamente al clima. En los países intertropicales, la humedad y el calor, hacen prosperar las plantaciones sin esfuerzo casi del hombre. Esta facilidad para recoger el fruto ha hecho que los métodos de trabajo poco hayan evolucionado en esa zona. Basta con clavar una rama en el suelo, para que ésta viva, y dé nuevo fruto. Ese fué el comienzo de la agricultura, seguramente. La tribu que habita una zona fértil poco tiene que aguzar el ingenio para obtener la alimentación. Pero cuando el cultivo debe hacerse por la semilla, ya requiere mayor cuidado, la población se agrupa en determinado sitio y tiende al sedentarismo. La tierra no queda librada a los dones del cielo y se la riega artificialmente; se guarda la cosecha y se efectúan obras de irrigación por medio de los ríos.

En la zona templada, la agricultura adquiere un desarrollo muy grande cuando responde a propósitos industriales o de exportación (trigo, maíz, cebada). La tierra se abona químicamente y se rotura con máquinas. Es este el aspecto supremo de la vida civilizada de las poblaciones rurales. Al *cultivo extensivo*, vale decir, el que se hace en grandes extensiones sin preocuparse de la cantidad que reditúa, sucede el *cultivo intensivo*, gracias al cual la inteligencia del hombre se esfuerza en obtener del menor trozo el mayor rendimiento. En el Uruguay los cultivos intensivos sólo tienen hasta ahora el carácter de ensayos.

Cabe advertir, sin embargo, que no todos los pueblos que pasan de la condición de ganaderos a la de agricultores, abandonan por completo la primera. Ciertos pueblos africanos, los fang, por ejemplo, son nómades y agricultores, pues rara vez insisten en plantar dos veces sobre el mismo terreno.

La estabilidad origina, además, ciertas industrias elementales: alfarería, tejidos de fibras, telas coloreadas, etc. Aparecen las primeras casas fijas con techos cónicos o de paredes dispuestas en cuadrilongo con techo de paja.

La ganadería de mestización es un paso más adelante en la vida civilizada de la población rural. La cría de ganado fino, la mestización, la lucha contra las epidemias, todo requiere método, especialización e inteligencia. En este caso, la ganadería es una industria que tiende a disminuir la cantidad en beneficio de la calidad y que se vale de los modernos medios de transporte para elevar los rendimientos. El Uruguay es un país ganadero que ha mejorado sus haciendas con inteligentes mestizaciones. La Argentina, país ganadero hasta hace pocos años, ha pasado a la calidad de agricultor, sin que por esto haya disminuído la importancia de su rica ganadería.
teria y la inteligencia.

Acción del hombre sobre la Naturaleza. — Ya hemos visto, al tratar los diferentes aspectos físicos del suelo, cual es su influencia sobre el

hombre. Aquí debemos agregar cual es la influencia del hombre sobre la Naturaleza.

El hombre, ha dicho J. Brunhes [G. H. p. 5] es un agente geográfico y no el menor; contribuye a revestir, según los lugares, la fisonomía de la Tierra con las expresiones variables que la Geografía tiene por encargo especial estudiar [*82*, pág. 5]. El hombre, derriba la obra del esfuerzo endógeno que levantó la montaña y construye un túnel que pone en comunicación dos mundos separados; corta, en un esfuerzo gigantesco los Istmos de Panamá y de Suez; tira un puente que une todo un archipiélago para juntar una isla, Cuba, a la parte continental; cambia el clima de una ciudad como Río de Janeiro, demoliendo la montaña que impide la aereación de la ciudad; contiene la invasión del mar como en Holanda; aclimata los animales y las plantas; derriba los árboles y planta otros para modificar el régimen de las lluvias y crear fuentes para la industria forestal; reparte el agua sin necesidad de que llueva; hace brotar la fuente, artificialmente (pozos artesianos), etc.

Su fuerza modificadora es enorme y la Geografía que estudia todos los rasgos de la superficie terrestre, no puede desdeñar su profunda huella, símbolo de la constante actividad humana.

La ciudad. — Por razones de economía, de tiempo y de espacio, el hombre se esfuerza en agrupar sus actividades en zonas reducidas. Allí nacen los centros urbanos que son la síntesis de la vida social y el ejemplo más vivo de la civilización adquirida. Centro dinámico por excelencia, la ciudad es su más completa manifestación y de ella irradia toda la existencia de la zona vecina, sin que por ello, el medio donde se levanta deje de accionar sobre ella. Alguien ha dicho que los latidos de la civilización se pueden palpar en la circulación urbana, pero puede agregarse que la impulsión de esos movimientos obedecen a muy distintas causas: la política, las rivalidades industriales, la cultura, la decadencia de otra población vecina, etc.

Su emplazamiento, pues, obedece a diversos factores. El agua, es uno de ellos, acaso el más importante de todos; de ahí que las grandes poblaciones tiendan, por lo general, a situarse sobre el mar o puntos de fácil acceso a él: (Londres, Nueva York, Hamburgo, Buenos Aires, Río de Janeiro, Montevideo). La fertilidad de la tierra inmediata es otro; el clima, la altura, etc. La historia no deja tampoco de trazar su huella: una fortaleza agrupa hoy poblaciones densas en torno de sus murallas; como Avila, una iglesia puede ser origen de una ciudad moderna (Dunkerque).

Las ciudades acusan, por lo general, el aspecto de la zona geográfica donde se encuentra emplazada, por los materiales que preponderan en sus edificios: las ciudades de Noruega están construídas de madera; es el bosque que predomina en esas tierras; Montevideo, utiliza el granito y la arena; es el subsuelo sobre el cual está asentada y los arenales de sus playas próximas, etc.

La ciudad atrae al campesino que se ha enriquecido; la ciudad detiene al inmigrante indeciso; ella crece con detrimento de la población rural. El *macrocefalismo* de las capitales es un grave mal. Buenos Aires, por ejemplo, es una cabeza enorme de dos millones de hombres, para un cuerpo de solo 8. Montevideo, es, con respecto al país, excesiva ya (700.000 hab. sobre 1.300.000 que viven en el interior). El estado de Victoria se despuebla en beneficio de su capital Melbourne.

Las comunicaciones y el comercio. — Los cultivos no están igualmente distribuídos en la superficie de la Tierra, ni cada trozo de ésta ofrece igual capacidad productiva. Estas diferencias de producción constituyen el origen del comercio. Las manifestaciones vitales de un pueblo y el grado de su desenvolvimiento material, forman un conglomerado de necesidades que se satisfacen mediante los beneficios del intercambio comercial. Cierta zona productora obtiene sobrante de su esfuerzo y otra, en cambio, no llega a cubrir las necesidades del lugar. Esta compra, pues, lo que aquella vende, y así se establece un verdadero equilibrio de las necesidades. Pero para que el intercambio se produzca es necesario, en primer término, que las zonas abundantes entren en contacto con las zonas de escasa producción y ese contacto se establece por la *ruta*. El camino es, pues, un elemento principal de la vida económica de una zona o país. Toda la Geografía Económica se halla basada, de esta suerte, en el estudio de las rutas y el mejor medio de aprovecharlas con el mínimo de erogación. Todo camino, cualquiera que sea su origen, militar, religioso o simplemente político, se convierte, a la postre, en una vía económica.

Hay que reconocer entonces que las fuerzas que mueven la actividad de una zona deben concretarse a tres centros: 1º la plantación *agrícola* o la *población industrial;* 2º el *mercado,* donde se compran los productos y 3º la *circulación* que se produce por un sistema de rutas más o menos abundantes.

La expresión más elocuente del mercado es la ciudad feria. Njini Novogorov, en Rusia, realiza, en efecto, la concentración anual de las actividades de vastas zonas que la ruta pone en contacto. El mercado elemental se transforma en un mercado mayor, con períodos de actividad y de reposo y entonces se forma la ciudad - feria que más tarde constituye la ciudad propiamente dicha, verdadero mercado permanente para la zona que la rodea.

La evolución de las rutas, es la historia del comercio del mundo. Cuando los pueblos europeos adquirían en Asia los productos de sus feraces tierras o las obras de su industria, lo hacían primeramente por vía terrestre, de suerte que la ruta obligada de las caravanas tenía que terminar forzosamente a orillas del Mediterráneo Oriental. Así el Asia Menor y la Caucasia fueron lugares de pasaje forzoso de los mercaderes de Persia y de la India, cuando no de la China lejana y fantástica.

Las naciones europeas más próximas, aquellas que habían organizado seriamente su comercio, fueron las que mejor aprovecharon de esa proximidad al fin de las caravanas. Italia adquirió así una importancia preponderante en el Mediterráneo. Venecia y Génova disputaron la supremacia en los mares y puede decirse que todo el comercio de Europa se desplazó al Oriente, allí donde los barcos procedentes de Levante podían realizar el viaje en el menor tiempo. Más tarde sobrevinieron acontecimientos inesperados. El portugués Vasco de Gama dobla el Cabo de Buena Esperanza y abre una nueva ruta a la India por el Sur de Africa. El prestigio de la lujuriante riqueza de los pueblos de Oriente, y la posibilidad de evitar el encuentro con los pillos del desierto o los piratas de los mares levantinos, provocó el traslado paulatino de los centros comerciales al Occidente de Europa, lugar de partida de las naves que iban a la conquista de las riquezas de Oriente. Lisboa adquirió así una importancia no igualada. Mientras el Mediterráneo griego languidecía, el Atlántico y el Mediterráneo Latino adquirían un esplendor jamás calculado.

Otro acontecimiento de la historia pronuncia todavía más este desplazamiento de los centros comerciales hacia el oeste: el descubrimiento de América. España, con régimen de colonización que imponía a los pueblos conquistados la obligación de comerciar sólo por algunos puertos, concluye por arruinar el comercio marítimo del Levante. La visión de los especuladores y de los buscadores de rápidas fortunas está puesta por muchos años en las nuevas tierras descubiertas y a no haberse construído en tiempos más modernos el Canal de Suez, todo el comercio del Mediterráneo griego hubiera quedado reducido al intercambio de productos entre sus pueblos ribereños. Pero el ingenio de Lesseps cambia de pronto la faz del problema. El Mediterráneo reparte así sus actividades y vuelven las grandes naves a surcar las aguas profundas del Jónico, del Archipiélago y de las costas de Cirenaica y de Chipre. Las concepciones de aquel grande y desgraciado ingeniero francés tuercen otras rutas. El Estrecho de Magallanes, lugar obligado de pasaje para los mares de Asia Oriental y Oceanía por vía del Atlántico, sufre un rudo golpe el día que aquél vislumbró la posibilidad de cortar el Canal de Panamá y aún cuando no vió la realidad de su magna idea, los tiempos modernos dieron cumplimiento a sus deseos, abreviando una ruta que la naturaleza había hecho excesivamente larga.

El camino. — Si de estas grandes rutas de la vida comercial, pasamos a las rutas terrestres, se puede ver que cada localidad adopta aquellas que mejor se amolda a los habituales medios de transporte. China, con sus palanquines y coolis, no necesita de grandes caminos; la mayor parte de los países de Europa y los nuevos de América, se esfuerzan en la construcción de ferrocarriles y carreteras para automóviles que exige la actividad cada vez más creciente de sus industrias y de su comercio. La historia del camino de un pueblo es la historia de su adelanto o estancamiento.

Los pueblos primitivos sólo conocen la senda que conduce de un lugar habitual de permanencia a otro donde se provee de agua o de alimentos. Cuando la civilización exige un intercambio de productos y este intercambio adquiere cierta importancia, no puede hacerse ni a brazo de hombres ni a lomo de animales; surge así el vehículo de carga que exige una vía más amplia y lisa; la senda se convierte en el camino, al principio, de tierra, después, cuando el tránsito ha marginado su trayecto de casas para aprovisionamientos, estaciones para otras rutas y viviendas de distinto rango, acrecentándose por lo tanto el tráfico, hay la necesidad de pavimentarlo para facilitar la marcha. El camino bien pavimentado se llama *carretera* y ésta en los países pequeños como el nuestro, realizan una eficaz obra de aproximación en competencia con las líneas férreas.

El ferrocarril. — Es el medio de transporte rápido y seguro para grandes distancias. Su construcción comienza generalmente en una población importante y se interna paulatinamente en el interior. Poco a poco se construyen otras líneas que convergen en el mismo centro; son verdaderos radios. En el comienzo de toda historia ferrocarrilera, las líneas son puramente radiales. En el Uruguay todavía vemos converger todos los ferrocarriles en Montevideo y salvo raras excepciones no hay entrelazamientos entre esos radios. Cuando las líneas son más densas hay la tendencia a establecer uniones entre los radios. La distribución se parece así a una telaraña y ha dado en llamarse así a las redes ferroviarias más perfectas y adelantadas: las de Francia, las de Alemania, etc. En la Provincia de Buenos Aires, la red ferroviaria tiene ya forma de telaraña.

La construcción de un ferrocarril exige muchos estudios previos. No se trata de trazar una línea recta entre dos localidades que se desea unir: hay que ver cual es el medio más económico para realizarla y si la producción de los lugares que va a cruzar la vía garantiza su éxito financiero. Desde el punto de vista del tiempo, la línea recta es el ideal; pero pocas veces la línea recta puede lograrse: la comarca no es casi nunca plana y hay que construir obras de ingeniería para salvar los cursos de agua o las pendientes muy pronunciadas (puentes, alcantarillas, terraplenes, etc.). Por eso se prefiere muchas veces hacer la línea más larga y tortuosa a invertir grandes sumas en esta clase de obras. De igual modo no todos los lugares son aptos para construir líneas férreas. Esta es la razón por la cual en la larga distancia de Montevideo a Santos casi no se han construído ferrocarriles transversales: las alturas de la Sierra del Mar constituyen una verdadera barrera de fuertes pendientes. Teóricamente, al menos, una empresa que transportara por fía férrea productos exclusivamente desde la costa del Brasil al Paraguay, ganaría dinero, porque los descensos no exigirían fuerza a las locomotoras; pero otra que sólo transportara del Paraguay a la costa, se arruinaría. De ahí, que en general, las líneas férreas sigan las

pendientes suaves y que no se aparten mucho de los cursos de agua importantes.

*

* *

La Geografía Física es la historia de las formas actuales del globo terrestre explicadas por la historia de las formas del pasado que nos revela la Geología. La Geografía Humana explica la participación que cabe al hombre en el proceso de transformación a que la fisonomía de la tierra está sometida y una y otra nos revelan con sus mutuos enlaces y relaciones, el incesante palpitar de la vida que apreciamos en su superficie sin sospechar todo cuanto de ella queda encerrada en el misterio de sus entrañas.

Estos apuntes para un curso de Geografía Física y Humana, no tienen otra finalidad que incitar a los jóvenes estudiantes a la observación de la naturaleza y a especular con elementos propios, sobre las enseñanzas que las ciencias físico - naturales vierten en el inmenso laboratorio del globo que habitamos. Si las páginas que preceden, orientan a algunas jóvenes inteligencias hacia los estudios geográficos, ellas habrán colmado una aspiración del autor.

INDICE

Nº 1915


89095798344
b89095798344a

